

**Министерство образования и науки Украины  
Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина**

**О.С. Горбулин**

# **Ботаника: низшие растения**

Харьков 2010

УДК 58.001:582.22(371.64)  
ББК 28.5я73  
Го08

*Печатается по решению Ученого совета биологического факультета  
Харьковского национального университета имени В.Н. Каразина  
(протокол № 1 от 19 января 2010 г.)*

Рецензенты:

доктор биол. наук, профессор Т.В. Догадина  
(Харьковский университет)  
канд. биол. наук, доцент В.В. Жмурко  
(Харьковский университет)

Го08 Горбулин О.С. Ботаника: низшие растения. Учебное пособие для студентов  
заочного отделения биологического факультета/ 2-е изд., дополн., перераб.-  
Харьков: ХНУ, 2010.- 118 с.

Пособие предназначено для интенсификации самостоятельной работы студентов и включает: данные о структуре курса и сквозную программу; методические разработки 5 лабораторных занятий; указания к учебной практике по низшим растениям; список основной и дополнительной литературы; приложения, включающие: основные сведения об устройстве микроскопа и правила работы с ним, основные правила техники безопасности при работе в полевых условиях, правила библиографического описания литературных источников и электронных ресурсов.

УДК 58.001:582.22(371.64)  
ББК 28.5я73

© ХНУ им. В.Н. Каразина, 2010  
© О.С. Горбулин, 2010

ISBN 966-623-036-4

# Содержание

1. Общие положения	4
2. Программа курса	5
3. Контрольные вопросы	6
4. Литература	8
5. Лист оценивания работы студента	9
6. Планы-конспекты лекций	10
7. Лабораторные занятия	78
8. Учебная практика	98
9. Курсовые работы	102
Приложение 1. Устройство биологического микроскопа МБР-1 (или Биолам) и назначение его частей. Правила работы с микроскопом.	
Приложение 2. Основные правила техники безопасности при полевых работах.	
Приложение 3. Темы теоретических курсовых работ.	
Приложение 4. Пример титульного листа.	
Приложение 5. Пример оглавления теоретической курсовой работы.	
Приложение 6. Схемы библиографического описания.	
Приложение 7. Бланк описания водоема и условий отбора проб.	

# 1. Общие положения

Курс читается для студентов I курса заочного отделения и в соответствии с учебным планом включает:

- в зимнюю сессию – установочные лекции;
- в межсессионный период – выполнение двух курсовых работ;
- в летнюю сессию – завершение лекционного курса, выполнение лабораторных занятий и сдача экзамена по теоретическому материалу;
- учебная полевая практика и сдача зачета.

"Систематика низших растений" является частью нормативного курса "Ботаника" и включает предусмотренный программой теоретический материал, базовый для профессионально ориентированных дисциплин. Рассматриваются общие вопросы систематики растений; дается характеристика групп организмов (водоросли, грибы, лишайники), вписывающихся в понятие формы жизни "растение" и подпадающих под действие Международного кодекса ботанической номенклатуры (ICBN).

На лабораторных занятиях студенты знакомятся с разнообразием низших растений, особенностями строения представителей отдельных систематических групп. Полученные знания закрепляются в ходе учебной полевой практики.



## 2. Программа курса

Разнообразие растений. Необходимость сохранения биологического разнообразия. Место ботаники в решении задач инвайронментализма.

Краткий обзор развития ботаники. Основные разделы ботаники и их содержание. Систематика растений, ее значение и место в системе биологических дисциплин. Задачи систематики растений. Масштабы работ по изучению и классификации биоразнообразия. Теоретическое и прикладное значение систематики. Взаимосвязи систематики с другими биологическими дисциплинами и другими науками. Особая роль систематики как синтетической биологической науки. Разделы систематики. Диагностика и таксономия. Основные таксономические категории в ботанике.

Методология современной систематики. Типы систем и принципы их построения. Современные системы органического мира и место в них разных групп растений. Деление на низшие и высшие растения; условность такого деления.

Общие представления о строении растений; особенности строения растительной клетки. Уровни ядерной организации: прокариоты, мезокариоты, эукариоты. Разнообразие типов клеточных покровов растительной клетки, их морфологическая и химическая эволюция. Эволюция фотосинтетического аппарата у растений: особенности ультраструктуры и морфологии хлоропластов водорослей. Группы фотосинтетических пигментов: хлорофиллы, каротины, ксантофиллы, фикобилины. Разнообразие продуктов ассимиляции у представителей разных групп фотосинтезирующих растений.

Пути морфологической эволюции растений. Типы таллома: одноклеточный, колониальный, ценобиальный, многоклеточный, неклеточный. Структуры морфологической дифференциации.

Размножение растений. Вегетативное размножение: делением клетки, распадом колоний и многоклеточных талломов, специализированными образованиями. Бесполое размножение; типы спор у растений. Место мейоза в жизненном цикле растений. Половое размножение. Типы полового процесса у растений: хологамия, изогамия, гетерогамия, оогамия, конъюгация, автогамия. Понятие про гомо- и гетероталлизм. Типы жизненных циклов у растений: гаплофазный, диплофазный, гаплодиплофазный с изоморфным и гетероморфным чередованием поколений. Понятие о спорофите и гаметофите.

Водоросли — как низшие фотосинтезирующие растения. Происхождение и филогения водорослей. Происхождение эукариотической клетки: гипотезы эндосимбиогенеза и автогенеза (инвагинаций).

Систематика водорослей, краткая характеристика отделов. Экология и распространение. Значение химического состава воды. Типы питания водорослей: автотрофия, гетеротрофия, миксотрофия. Значение водорослей в биологическом анализе воды и в самоочищении водоемов. Практическое использование водорослей. Аквакультура. Массовые культуры водорослей и биотехнология.

Слизевики (Миксомицеты). Строение и образ жизни. Плазмодий, его особенности. Циклы развития типичных представителей. Систематика. Экология и распространение. Значение слизевиков в природе, хозяйственной деятельности человека.

Грибы, их место в системе органического мира: история развития взглядов и основные гипотезы. Общая характеристика грибов. Строение грибной клетки. Вегетативное тело грибов, его метаморфозы в связи с выполняемыми функциями. Вегетативное размножение. Бесполое размножение, типы спор, явления дипланетизма и плеоморфизма. Половое размножение. Разнообразие типов полового процесса. Особенности жизненных циклов и полового процесса у высших грибов, стадия дикариона. Парасексуальный процесс.

Питание грибов. Распространение и основные экологические группы грибов. Значение грибов в природе. Микориза. Место и роль грибов в жизни и практической деятельности человека. Грибы и медицина. Культивирование съедобных грибов.

Филогения грибов: основные гипотезы. Краткая характеристика основных таксонов грибов: строение, размножение, жизненные циклы типичных и практически важных представителей.

Лишайники. Дуалистическая природа таллома лишайников. Современные представления о месте лишайников в системе органического мира. Микобионт и фикобионт: систематическое положение, особенности их морфологии и биологии по сравнению со свободноживущими водорослями и грибами. Морфология лишайников. Анатомическое строение таллома. Особенности физиологии и биохимии лишайников как целостных организмов. Размножение лишайников. Взаимоотношения фикобионта и микобионта в талломе лишайника: основные гипотезы. Экологические группы лишайников. Распространение. Место и роль лишайников в природе и деятельности человека. Лихеноиндикация.

### **3. Контрольные вопросы**

1. Что такое растение? Назвать комплекс признаков и объяснить их значение в эволюционном плане.
2. Современные системы растительного мира.
3. Определение вида. Основные таксономические категории в ботанике.
4. Деление растительного мира на группы и место среди них низших растений.
5. Общая характеристика водорослей, эколого-биологический смысл термина "водоросли".
6. Морфологическое разнообразие водорослей, типы таллома на примерах из разных отделов.
7. Основные отличия низших растений от высших.
8. Перспективы использования низших растений в практической деятельности человека и в биотехнологии.
9. Происхождение и родственные связи разных групп водорослей.
10. Типы ядерной организации клеток водорослей.
11. Эволюция типов клеточных покровов у водорослей.

12. Ультраструктура фотосинтетического аппарата водорослевой клетки. Разнообразие хлоропластов у водорослей.
13. Основные пигменты у водорослей.
14. Типы питания у водорослей.
15. Типы размножения у водорослей. Примеры из разных отделов.
16. Типы жизненных циклов у водорослей.
17. Изо- и гетероморфное чередование поколений.
18. Основные ценозы водорослей. Деление их на экологические группировки. Примеры.
19. Водоросли, вызывающие "цветение" воды в водоеме. Примеры из разных отделов.
20. Общая характеристика синезеленых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
21. Общая характеристика динофитовых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
22. Общая характеристика криптофитовых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
23. Общая характеристика золотистых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, систематика, практическое значение. Типичные представители.
24. Общая характеристика желтозеленых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
25. Общая характеристика диатомовых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, систематика, практическое значение. Типичные представители.
26. Общая характеристика бурых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, систематика, распространение, практическое значение. Типичные представители.
27. Общая характеристика красных водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, систематика, практическое значение. Типичные представители.
28. Общая характеристика эвгленовых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
29. Общая характеристика зеленых водорослей, особенности строения клетки и таллома, размножение, распространение, систематика, практическое значение. Типичные представители из разных классов.

30. Общая характеристика харовых водорослей, особенности строения и роста таллома, размножение, распространение, практическое значение. Типичные представители.
31. Миксомицеты: строение тела, биология, размножение и жизненные циклы, систематика, экология, типичные представители.
32. Общая характеристика грибов, строение клетки, вегетативного тела, систематика и экология.
33. Типы размножения у грибов. Примеры.
34. Классификация грибов по способам питания.
35. Грибы и медицина.
36. Общая характеристика хитридиевых грибов: особенности строения вегетативного тела, размножение, систематика, экология, типичные представители.
37. Общая характеристика оомицетов. Особенности строения вегетативного тела, размножение, систематика, экология, практическое значение.
38. Общая характеристика зигомицетов: строение вегетативного тела, размножение, систематика, экология, распространение, типичные представители.
39. Общая характеристика аскомицетов: строение вегетативного тела, размножение, систематика, экология, практическое значение. Типичные представители подклассов и основных порядков.
40. Общая характеристика базидиальных грибов: строение вегетативного тела, типы базидий, размножение, систематика, распространение, практическое значение. Типичные представители подклассов и основных порядков.
41. Общая характеристика дейтеромицетов: особенности строения вегетативного тела, размножение, систематика, экология, распространение, практическое значение.
42. Общая характеристика лишайников, особенности строения таллома, размножение, систематика, экология, распространение, происхождение.
43. Взаимоотношение фикобионта и микобионта в талломе лишайника. Основные гипотезы.
44. Практическое значение лишайников. Лихеноиндикация.

#### 4. Литература

- Билай В.И.* Основы общей микологии.- Киев: Вища шк., 1989.- 392 с.
- Биологический энциклопедический словарь/Гл. ред. М.С. Гиляров.- М.: Сов. энциклопедия, 1989.- 2- изд., исправл., 1995
- Водоросли.* Справочник/ С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др.- Киев: Наук. думка, 1989.- 608 с.
- Горбунова Н.П.* Альгология.- М.: Высш. шк., 1991.- 256 с.
- Дудка И.А., Вассер С.П.* Грибы. Справочник миколога и грибника.- Киев: Наук. думка, 1987.- 535 с.
- Жизнь растений* / Под ред. А.А. Федорова.- М.: Просвещение.- 1972-1984.- Т. 1-6.
- Курс низших растений* / Под ред. М.В. Горленко.- М.: Высш. шк., 1981.- 520 с.
- Седова Т.В.* Основы цитологии водорослей.- Л.: Наука, 1977.- 172 с.

*Седова Т.В.* Кариология водорослей.- СПб.: Наука, 1996.- 386 с.

*Топачевский А.В., Масюк Н.П.* Пресноводные водоросли Украинской ССР.- Киев: Вища шк., 1984.- 336 с.

*Черепанова Н.П.* Систематика грибов.- СПб.:Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2005.- 344 с.

## 5. Лист оценивания работы студента

Модуль	Вид работ		Баллы
I	Посещение лекций	Лекция 1	1
		Лекция 2	1
		Лекция 3	1
		Лекция 4	1
		Лекция 5	1
		Лекция 6	1
		Лекция 7	1
		Лекция 8	1
	Всего за модуль		8
II	Лабораторные занятия (выполнение учебных заданий, оформление рабочего альбома)	Занятие 1	2
		Занятие 2	2
		Занятие 3	2
		Занятие 4	2
		Занятие 5	2
	Всего за модуль		10
III	Курсовые работы	теоретическая	5
		практическая	2
	Всего за модуль		7
IV	Экзамен		75
	Всего за модуль		75
	<b>Всего</b>		<b>100</b>

Шкала оценивания:

90-100 баллов – отлично (А)

75-89 баллов – хорошо (В, С)

60-74 балла – удовлетворительно (D, E)

35-59 баллов – неудовлетворительно с возможностью повторной сдачи (F, X)

0-34 балла – неудовлетворительно с обязательным повторным курсом (F)

## 6. Планы-конспекты лекций

### Введение

Понятие "растение" следует относить не к таксону или группе таксонов (царства, отделы, классы), а к жизненной форме. Растительная форма жизни сложилась на разной биохимической и цитологической основе при наличии общих исходных признаков и развивалась параллельно в разных группах организмов. Форма жизни – существует объективно. Деление на царства, отделы, классы – субъективно, принято для удобства изучения многообразия видов.

Форму жизни "растение" отличают следующие признаки.

1. Растения получают питательные вещества из окружающей среды поглощением всей поверхностью тела в растворенном состоянии (осмотрочно). Отсюда основная тенденция в эволюции тела растений – это тенденция к увеличению поверхности соприкосновения с внешней средой. Признаками, сопряженными с осмотрочным питанием, являются способность к ветвлению и открытая система роста (т.е. растения в подавляющем большинстве растут всю свою жизнь, формируя все новые и новые органы). Реализация тенденции к увеличению поверхности соприкосновения с внешней средой привела у наиболее высоко организованных представителей к возникновению и совершенствованию двух площадей питания: площади воздушного питания (поверхность листьев) и площади почвенного питания (вся масса сосущих корней).

– Животные получают питательные вещества заглатыванием, что привело в ходе эволюции к возникновению и совершенствованию сквозной трубки.

2. У растений процессы синтеза всегда преобладают над процессами распада. И, как следствие, в растительной клетке накапливаются продукты синтеза.

– У животных продукты синтеза в норме сразу расходуются на энергию роста, развития, движения.

3. Распространение растений осуществляется в неактивном состоянии, зачатками (спорами, семенами).

Разумеется, во всем многообразии видов можно найти таких представителей, которые по какому-либо из перечисленных критериев не полностью вписываются в понятие "растение" или "животное". Однако в каждом конкретном случае необходимо решать вопрос по совокупности всех признаков данного организма. Предметом курса являются группы организмов, отвечающие перечисленным критериям: водоросли, грибы, лишайники.

Современная ботаника это сложный комплекс дисциплин, изучающих растения во всех проявлениях их жизнедеятельности: морфология растений, анатомия растений, физиология и биохимия растений, география, экология растений. Растения являются удобными модельными объектами биофизиков, генетиков.

Систематика, как самостоятельная наука, занимает особое положение в системе биологических дисциплин, что определяется задачами, стоящими перед систематикой:

1) диагностика и номенклатура;

- 2) таксономия или классификация;
- 3) филогения.

Диагностика – диагностирование, определение организма до вида. Присвоение видам названий, составление диагнозов – кратких описаний видов, а также ключей для их определения – является одной из важнейших задач систематики. Именно диагностика дает материал для любого исследования, так как изучать можно только конкретный вид.

Таксономия или классификация – распределение организмов в группы и очерчивание границ этих групп. Для удобства изучения огромного числа видов необходимо распределить их в обозримый порядок.

Филогения – это задача систематики, которая определяет данную науку как венец биологии. При изучении конкретных видов специалистами разных направлений идет накопление данных по цитологии, физиологии, биохимии, генетике, экологии и т.д. Анализируя все эти данные, взвешивая их в совокупности для вида или группы видов, систематик ищет родственные связи между ними, выясняет общность происхождения и пути эволюции, решая тем самым задачи филогении.

В конечном итоге систематика стремится к созданию системы органического мира, которая бы максимально отражала взаимоотношения между видами, реально существующими в природе. Различают три типа систем: искусственные (или формальные), естественные (или сущностные), исторические (или филогенетические).

Искусственными являются системы, при составлении которых в основу классификации кладется один или несколько признаков, не отражающих сути классифицируемых объектов. Классическим примером искусственных систем растений является система К. Линнея, сыгравшего роль реформатора в ботанике. Им была создана терминология, реформирована номенклатура. Хотя принцип бинарной номенклатуры был использован до Линнея (К. Баугин, А.К. Ривиниус), однако именно он первым последовательно использовал этот принцип, сочетая с более определенным представлением о категориях рода и вида.

Естественными являются системы, при составлении которых в основу классификации кладется совокупность признаков, отражающих суть классифицируемых объектов. В качестве примера можно привести систему двух французских ботаников – Антуана и Бернара Жюссье. В системе Жюссье впервые были даны диагнозы семейств, при этом указывался не только восходящий ряд, но и приводились боковые связи с другими семействами. Впервые также было предложено не подсчитывать, а "взвешивать признаки", т.е. определять их удельное значение и выявлять связи между ними.

Историческими являются системы, при составлении которых в основу классификации кладется общность происхождения и родственные связи классифицируемых объектов. Разработка исторических систем стала возможной только после выхода в свет работ Ч. Дарвина, подвергшего критике идею постоянства видов. В истории ботаники предпринимались неоднократные попытки построения исторических систем. В качестве



примера можно привести систему А. Энглера, разработанную до рода и широко используемую до настоящего времени.

Систематика имеет свой язык и свою систему понятий. Современная номенклатура берет начало от той системы названий, которую употребляли естествоиспытатели средних веков. Но в средневековье общим международным языком всех ученых была латынь. Именно поэтому латинский язык естественным образом, без каких-либо решений и договоров, в силу многовековой традиции сохранился и в современной науке. Гораздо проще было воспользоваться богатым набором латинских терминов, выражений и названий, которые прочно вошли в научный обиход, чем заменять все их великое множество каким-либо более современным эквивалентом из жизни или искусственно созданных языков. По этой причине ботаническая таксономия и номенклатура пользуются мертвым латинским языком.

Сводом правил и требований, обязательных для всех ученых-ботаников является Международный кодекс ботанической номенклатуры, первая редакция которого была принята на VII Международном ботаническом конгрессе (Стокгольм, 1950).

Кодекс – живой и адаптирующийся свод законов, и пока он продолжает развиваться, настраиваясь на изменяющиеся потребности и новые трудные задачи, он будет сохранять свой авторитет и силу (МКБН, 1996, с. 20).

### **Статья 1**

1.1. Таксономические группы любого ранга называются в настоящем Кодексе таксонами (ед. число – *taxon*, мн. число – *taxa*).

### **Статья 2**

2.1. Каждое отдельное растение рассматривается как принадлежащее к ряду таксонов последовательно соподчиненных рангов, среди которых основным является ранг вида (*species*).

### **Статья 3**

3.1. Главные ранги таксонов в нисходящей последовательности следующие: царство (*regnum*), отдел или филум (*divisio* или *phylum*), класс (*classis*), порядок (*ordo*), семейство (*familia*), род (*genus*) и вид (*species*). Таким образом, за исключением некоторых ископаемых растений, каждый вид должен быть отнесен к какому-либо роду, каждый род – к какому-либо семейству и т.д.

Существует много определений понятия "вид", но нет одного общепринятого. Одним из наиболее удачных является определение вида, предложенное русским ботаником В.Л. Комаровым: "Вид – совокупность родственных организмов, характеризующихся определенными, только им присущими морфо-физиологическими и эколого-географическими особенностями. Для всех особей одного вида характерны также общность

филогенетического происхождения, одинаковый тип обмена веществ и распространение в пределах одной территории, называемой ареалом вида".

Каждый вид имеет название, состоящее из двух слов (принцип бинарной номенклатуры). Например: *Volvox globator* L.

Первое слово – это название рода, указывает на то, что в природе существует группа родственных видов. Второе слово – видовой эпитет, отражает тот признак, который отличает конкретный вид от других видов рода. Название вида обязательно сопровождается фамилией автора, ученого, описавшего данный вид. В приведенном примере автором вида является К. Линней, фамилия которого сокращена до одной заглавной буквы.

Деление растений на низшие и высшие достаточно условно, но вместе с тем отражает особенности, присущие представителям этих внесистемных категорий.

1. Вегетативное тело низших растений, как правило, не расчленено на вегетативные органы и представлено в виде таллома. По этому признаку низшие растения также называют талломными.

2. У низших растений, как правило, отсутствуют настоящие ткани и всегда отсутствует стела (центральный цилиндр). Иногда их называют бессосудистыми.

3. Размножение и распространение низших растений осуществляется, как правило, при помощи спор. И по этому признаку их называют споровыми.

Учитывая все вышеперечисленные критерии и признаки, предметом данного курса являются следующие отделы низших растений:

Низшие растения – Thallobionta (Cryptogamen)\*

Водоросли – Algae (Phykos)\*

Cyanophyta (Cyanoprocarvota) – синезеленые водоросли

Dinophyta – динофитовые водоросли

Raphidophyta – рафидофитовые водоросли

Cryptophyta – криптофитовые водоросли

Chrysophyta – золотистые водоросли

Xanthophyta – желтозеленые водоросли

Bacillariophyta – диатомовые водоросли

Phaeophyta – бурые водоросли

Rhodophyta – красные водоросли

Euglenophyta – эвгленовые водоросли

Chlorophyta – зеленые водоросли

Charophyta – харовые водоросли

Грибы – Fungi (Mycetes)\*

Mycomycota – миксомицеты (слизевики)

Plasmodiophoromycota – плазмодиофоровые

Oomycota – оомицеты

Chytridiomycota – хитридиомицеты

Zygomycota – зигомицеты

Ascomycota – аскомицеты (сумчатые грибы)

Basidiomycota – базидиомицеты

Deuteromycota – дейтеромицеты (несовершенные грибы)

Лишайники – Lichenes

Lichenophyta – лишайники

## **Водоросли. Общая характеристика**

Водоросли – низшие фотосинтезирующие организмы, обитающие преимущественно в воде. Иными словами, термин "водоросли" имеет эколого-биологический смысл и объединяет несколько (от 4 до 16, по мнению разных авторов и в разных системах) обособленных отделов низших растений.

Водоросли возникли в воде и в большей своей части сохранили первичную среду обитания. Изучение представителей из разных отделов водорослей показывает, что среди этих организмов сохранилось много примитивных форм, а также форм с различным уровнем организации как клетки и вегетативного тела в целом, так и отдельных клеточных структур. Вода как среда обитания обладает высокой степенью консерватизма, что обусловлено особенностями самой воды как физического тела. Вода имеет определенную плотность и является опорой для водных организмов, тормозя тем самым развитие механических элементов и структур. В воде в растворенном состоянии имеются все элементы питания и у водных растений отсутствуют предпосылки для формирования специализированных структур питания. Вода приносит и уносит продукты размножения, выделения и т.п., что также ограничивает возможности возникновения и совершенствования соответствующих структур. Таким образом, водная среда обитания в определенной степени ограничивала эволюцию вследствие своего консерватизма. С другой стороны, в различных группах водорослей имеется много сходных черт как результат конвергентной эволюции в сходных условиях обитания.

Общеизвестно, что уровень организации клетки определяется уровнем организации ядра. К настоящему моменту среди водорослей известны три уровня ядерной организации: прокариоты, мезокариоты и эукариоты.

Клеточная оболочка, характерная для клеток высших растений, возникла не сразу, она вырабатывалась в ходе длительной эволюции. Водоросли являются той группой растений, у которых типы клеточных покровов представлены чрезвычайно разнообразно, в том числе и типично растительная оболочка, химическую и морфологическую эволюцию которой можно проследить на представителях из разных групп водорослей.

Клетки водорослей могут быть голыми, имея в качестве клеточного покрова только плазмалемму. Поскольку плазмалемма не способна фиксировать форму, такие клетки постоянно находятся в метаболизирующем состоянии, формируя в периферическом слое ризоподии. Помимо вегетативных, голыми являются также репродуктивные клетки – зооспоры и гаметы. Плазмалемма является обязательным компонентом всех клеток. При

появлении на ней или под ней дополнительных слоев различного химического состава у водорослей сформировались различные типы клеточных покровов.

Пелликула – под плазмалеммой располагается плотный, эластичный белковый слой, состоящий из многочисленных полос, начинающихся от морфологически переднего конца и по спирали огибающих всю клетку. Благодаря наличию пелликулы клетка приобретает определенную форму, хотя и сохраняет способность к метаболии.

Перипласт – трехкомпонентная система, состоящая преимущественно из белковых соединений. При этом один слой белка располагается под плазмалеммой, а другой – над ней, и по толщине они между собой не отличаются. Каждый слой состоит из серии чередующихся полос, направленных прямыми продольными рядами от переднего к заднему концу клетки. Перипласт обычно снабжен порами, посредством которых клетка общается с внешней средой.

Тека – многокомпонентная система, располагающаяся под плазмалеммой. Основным элементом теки является слой залегающих непосредственно под плазмалеммой уплощенных пузырьков, окруженных одиночной мембраной и содержащих в одних случаях только зернистое вещество, а в других еще и пластинки. Появление пузырьков на клеточной поверхности значительно повышает прочность покрова при сохранении его гибкости. В теке, как и в перипласте, имеются поры, которые обеспечивают обмен веществ между протопластом и внешней средой.

Чешуйки – совокупность на поверхности клетки своеобразных покровных структур – чешуек. Они обычно располагаются снаружки от плазмалеммы и по составу могут быть органическими (хитин, целлюлоза с глюканом) и минеральными (известковые, кремнеземовые). Чешуйки или лежат обособленно, или налегают друг на друга. Иногда они могут группироваться в несколько слоев и погружаться в пектин. В результате вокруг клетки образуется плотный покров типа панциря.

Появление у водорослей на поверхности плазмалеммы оболочки вначале, по-видимому, пектиновой, а затем и целлюлозной, во многом предопределило все последующее развитие растительной клетки. В ходе становления наиболее совершенного типа клеточных покровов – оболочек – возникло большое их разнообразие как в химическом составе, так и во внутренней организации этой структуры. Для оболочек водорослевых клеток характерны значительные колебания соотношения белков и углеводов, а также очень разнообразный состав полисахаридов в клеточных оболочках. В качестве скелетных полисахаридов у водорослей известны маннан, ксилан, целлюлоза, альгулеза, хитин.

Развитие оболочек в пределах разных систематических групп пошло либо по пути специализации химического состава, либо по пути совершенствования ультраструктурной организации. Недостаток или отсутствие скелетных полисахаридов в оболочках компенсируется инкрустацией минеральными соединениями (Fe, Ca, Si).

Водоросли, очевидно, были именно той группой, в пределах которой впервые возник и закрепился аппарат, выполняющий функции фотосинтеза. Об этом, в частности,

свидетельствует разный уровень его организации у водорослей и разнообразие в структурной организации морфологически дифференцированных хлоропластов.

Хлоропласты водорослей отличаются крайним разнообразием своей морфологии, величиной, числом и расположением в клетке. Хлоропласты водорослей характеризуются также неупорядоченной ламеллярно-гранулярной структурой, тогда как хлоропласты высших растений имеют упорядоченную гранулярную структуру.

Исходным, первичным типом организации фотосинтетического аппарата следует признать таковую у синезеленых водорослей. В пределах этой группы хлоропласт как морфологически оформленная структура отсутствует и фотосинтетический аппарат состоит из одиночных, свободно лежащих в цитоплазме, связанных с пигментами, уплощенных мешочков – тилакоидов. Тилакоиды располагаются либо беспорядочно, либо в виде системы параллельных рядов, опоясывающих периферическую часть клетки.

Во всех остальных отделах водорослей фотосинтетический аппарат представлен структурно оформленной органеллой – хлоропластом. При этом в пределах разных групп отмечен и разный способ расположения тилакоидов в строме хлоропласта. Так, у красных водорослей тилакоиды расположены одиночно, у большинства отделов с хлорофиллом *c* – тилакоиды упакованы в пачки по три; у водорослей с хлорофиллом *b* – пачки могут содержать от 3 (у эвгленовых) до 40-80 (у зеленых) тилакоидов.

Водоросли обладают большим разнообразием пигментного состава, что обуславливает широкую гамму окраски хлоропластов в водорослевых клетках. Наибольшее значение в систематике водорослей придается комбинациям форм хлорофиллов как основных фотосинтетических пигментов. Универсальной формой хлорофилла является хлорофилл *a*, присутствующий у всех фотосинтетиков, а у синезеленых водорослей это единственная форма хлорофилла. У представителей всех других отделов в хлоропластах присутствуют две формы хлорофилла в таких комбинациях: *a+b*, *a+c*, *a+d*.

Помимо хлорофиллов, для водорослей известны также каротины (*α*, *β*, *γ*, *ε*), ксантофиллы (более 30 идентифицированных к настоящему моменту) и фикобилины: красный – фикоэритрин и синий – фикоцианин. Качественные и количественные комбинации указанных пигментов создают большое разнообразие окраски клеток и талломов у водорослей: от зеленой, желто-зеленой, желтой до красной, синей, темно-коричневой, вплоть до черной.

Большим разнообразием характеризуются также продукты ассимиляции водорослей. У подавляющего большинства представителей это разнообразные полисахариды: хризоламинарин, крахмал, парамилон, флоридан. Кроме того, масла и жиры, белки, липопротеиды, волютин, многоатомные спирты и др.

В пространственной и функциональной связи с хлоропластом находятся пиреноид и стигма, структуры, характерные (за редким исключением) только для водорослевых клеток.

Пиреноид – это специфично функционирующая структура с присущей ей морфологией, способностью к росту и самовоспроизведению, которая вместе с тем

сохраняет еще настолько тесную пространственную и функциональную связь с хлоропластом, что ее приходится считать полуавтономной системой.

В плане историческом появление пиреноидов можно представить как результат функциональной специализации и морфологической дифференциации различных участков хлоропласта. Это привело к частичному расчленению и обособлению протекающих в нем световых и темновых реакций. Процесс крахмалообразования с участием пиреноида, возможно, происходил более интенсивно. Однако в дальнейшем развитие хлоропласта пошло по линии совершенствования внутренней организации и структурной оформленности пиреноидов. Более рациональным оказалось создание иной, менее громоздкой системы, выполняющей аналогичную функцию. Появились хлоропласты высших растений, для которых характерно не только отсутствие пиреноидов, но и реорганизация ламеллярной системы в граны.

Стигма характерна для подвижных клеток водорослей. Она функционально взаимосвязана с хлоропластом и со жгутиковым аппаратом клетки. В прижизненном состоянии стигма представляет собой скопление красного или оранжевого пигмента и имеет различную форму. Основу стигмы составляют пигментонесущие, тесно прилегающие друг к другу плотные глобулы разного диаметра. Стигма является фоторецепторным органом. Однако механизм улавливания, трансформации и передачи импульсов в жгутиковый аппарат пока остается нераскрытым.

У представителей подавляющего большинства отделов водорослей имеются подвижные в вегетативном состоянии формы или стадии развития (зооспоры, гаметы). Движение осуществляется обычно при участии специальных структур, представляющих либо временные (ризоподии, псевдоподии, лобоподии), либо постоянные (аксоподии, жгутики) образования.

Ризоподии – длинные, тонкие, иногда разветвленные, часто многочисленные выпячивания цитоплазмы. Короткие, широко округлые выпячивания получили название лобоподий. Аксоподии – выросты цитоплазмы с уплотненной осевой нитью. Жгутики – длинные или короткие выросты, отличающиеся специфической ультраструктурой. Жгутики, утратившие способность к движению, называются псевдоцилиями.

Число жгутов у представителей разных отделов может быть различным: наиболее распространены 1- и 2-жгутиковые формы, реже встречаются 3, 4 и 8; у зооспор ряда представителей зеленых и желтозеленых число жгутиков достигает, нескольких десятков. Водоросли различаются также по соотношению длины жгутиков в пределах одной клетки – равножгутиковые и разножгутиковые. У разножгутиковых нередко наблюдается разница в характере движения обоих жгутиков (гетеродинамизм): длинный жгутик, или двигательный, как правило, направлен вперед и работает энергичнее, чем короткий, или рулевой, который обращен в сторону или назад по ходу движения и выполняет функцию руля.

Жгутики бывают гладкими или покрыты волосками – мастигонемами. Мастигонемы располагаются продольными параллельными рядами, одиночными или сдвоенными. Кроме волосков жгутики некоторых водорослей покрыты также субмикроскопическими не

минерализованными чешуйками, напоминающими чешуйки на поверхности клеток.

Жгутиковый аппарат – сложная система, состоящая из собственно жгутиков, базальных тел и корней жгутиков. Основные черты внутреннего строения жгутиков и базальных тел у всех подвижных клеток как вегетативных, так и репродуктивных, сходны.

У представителей почти всех отделов водорослей обнаружены своеобразные структуры – центриоли, отсутствующие у высших растений. Центриоли напоминают по своей тонкой структуре базальные тела. Во время митоза центриоли расходятся в разные стороны, где образуют полюса, к которым обычно сходятся нити веретена.

В клетках водорослей, как и других организмов, имеется аппарат Гольджи, или диктиосомы, представляющие собой систему собранных в стопки, уплощенных мешочков-цистерн с отделяющимися от них многочисленными мелкими пузырьками. Функции диктиосом многообразны. Это, в частности, накопление (возможно также и синтез), транспорт и секреция, главным образом, полисахаридов, идущих на построение клеточных покровов, участие в секреторной деятельности клетки и др.

Митохондрии водорослей - сравнительно крупные, овальные тельца с низким показателем преломления света. Их число, размеры, форма и расположение в клетке строго не фиксированы и колеблются в широких пределах в зависимости от возраста и функционального состояния клетки.

Цитоплазма водорослевых клеток (за немногим исключением) пронизана системой канальцев эндоплазматической сети, которые, наряду с аппаратом Гольджи, принимают участие в образовании вакуольной системы клетки. С возрастом число вакуолей и их размеры увеличиваются. В старых клетках они нередко сливаются в одну крупную центральную вакуоль. У части видов в клетках образуются сократительные пульсирующие вакуоли, выполняющие осморегуляторную функцию. В клетках динофитовых водорослей аналогичную роль выполняют своеобразные, лишенные способности сокращаться структуры - пузулы.

Помимо эндоплазматической сети в цитоплазме клеток водорослей обнаруживаются трубчатые элементы - цитоплазматические микротрубочки. Их следует отличать от микротрубочек, составляющих аксоному жгутиков. Цитоплазматические микротрубочки - крайне динамические клеточные структуры: они то появляются, то исчезают, их количество то уменьшается, то увеличивается, перемещаются из одной части клетки в другую. Различаются эти структуры по положению в клетке и назначению: одни участвуют в образовании ядерного веретена; другие связаны с цитокинезом - участвуют в образовании фрагмопласта и фикопласта; третьи, собственно цитоплазматические микротрубочки, представляют собой скелетную систему клетки. Последняя особенно свойственна голым клеткам, форма которых определяется микротрубочками, образующими периферический микроскелет. Микротрубочки ответственны не только за поддержание, но и за изменение формы голых клеток.

В клетках водорослей обнаруживается также большинство известных в настоящее время классов цитоплазматических частиц, окруженных одиночной мембраной и

заполненных содержимым, отличающимся по своей электронной плотности - лизосомы, пероксисомы, сферосомы, физоды, ирисовые тела, ломасомы. Они различаются по своему химическому составу и функциональной роли в клетке.

В морфологическом отношении водоросли представлены чрезвычайно разнообразно. При рассмотрении строения вегетативного тела водорослей необходимо различать два понятия: тип таллома (или уровень организации клетки) и структуру морфологической дифференциации (уровень организации всего вегетативного тела).

Одноклеточным называется такой тип таллома, когда клетка выполняет и все функции организма. Морфологически такая клетка у водорослей может быть представлена достаточно разнообразно. Это может быть голая клетка, лишенная дополнительных клеточных покровов и имеющая в качестве наружного покрова только плазмалемму. Такая клетка не имеет постоянной формы и находится в постоянном движении, образуя длинные и тонкие выпячивания - ризоподии или более короткие и широкие - лобоподии. Это таллом амебоидной структуры. Клетка, обладающая жгутиками, способна к активному движению. При этом она может обладать различными типами клеточных покровов, вплоть до настоящей, типично растительной оболочки. Это жгутиковая структура одноклеточного таллома, характерная для большинства групп водорослей. И, наконец, клетка, одетая настоящей оболочкой, сохраняющая постоянную форму тела и неподвижная, характерна для коккоидной структуры. Таким образом, одноклеточный таллом у водорослей может быть представлен амебоидной, жгутиковой или коккоидной структурами морфологической дифференциации.

Для колониального таллома характерно: большое, неопределенное число клеток разных генераций; ограниченный рост и отсутствие органической связи между клетками. Клетки в колонии соединены механически - за счет слипания или плотного соединения наружными слоями оболочек, за счет выделения слизи в виде сплошных скоплений или различным образом организованной системы слизистых тяжей либо различным образом метаморфизированных остатков материнских клеток. Отсутствие органической связи (в виде плазмодесм) между клетками колонии ограничивает возможности функциональной специализации. Как и одноклеточный таллом, колония может иметь жгутиковую или коккоидную структуру. Кроме того, для колониального таллома известна пальмеллоидная структура (иногда называемая капсальной или гемимонадной). Пальмеллоидная структура характеризуется наличием общей слизи, в которую погружены все клетки колонии, не связанные между собой. При этом таллом пальмеллоидной структуры сохраняет постоянную, характерную для каждого вида форму (трубки, кустика, пластинки) благодаря особой плотной консистенции слизи.

Пальмеллоидная структура является постоянной формой вегетативного тела водорослей. Если же покоящееся состояние с выделением, большого количества слизи является временным, то говорят о пальмеллевидном состоянии. В пальмеллевидное состояние могут временно переходить при наступлении неблагоприятных условий представители с различным уровнем морфологической организации. Отличается пальмеллевидное состояние тем, что при этом слизистые тела не достигают крупных размеров и не имеют определенной



формы.

Как подвид колониального выделяется ценобиальный таллом, отличающийся от колонии постоянным, четко фиксированным числом клеток (4-8-16-32-64) одной генерации. Ценобии, так же как и колонии, могут иметь жгутиковую, коккоидную структуры.

Многоклеточным называется таллом, для которого характерно большое неопределенное число клеток разных генераций, неограниченный рост и наличие органической связи между клетками в виде плазмодесм. Как известно, возникновение многоклеточности является важнейшим ароморфозом в эволюции органического мира. Система плазмодесм объединяет клетки в единый организм. При этом возникают предпосылки для функциональной специализации и дальнейшей морфологической дифференциации в пределах таллома. Возникновение многоклеточности явилось качественно новым уровнем в морфологической эволюции водорослей и повлекло за собой возникновение большого числа более высоко организованных структур морфологической дифференциации (идеоадаптации).

Нитчатая (трихальная) структура широко представлена в мире водорослей. В простейших случаях нить складывается из одного ряда клеток, вполне подобных друг другу и способных каждая расти и делиться (диффузный рост). При прикрепленном образе жизни часто наблюдается морфологическое различие между основанием и вершиной нити. Так, нижняя клетка, выполняя только функцию прикрепления, иногда превращается в ризоид. Наряду с этим верхушечная клетка может заостряться или же нить к вершине утончается и заканчивается волоском, состоящим из ряда вакуолизированных клеток, не способных к делению. Известны и такие формы, у которых большинство клеток нити утрачивает способность к делению, и рост нити преимущественно приурочен к определенным ее частям, называемым зоной роста (или меристемальной зоной). Последняя иногда располагается в средней части нити, ближе к ее вершине - интеркалярный рост. В других случаях деление и рост ограничиваются, главным образом, конечными клетками - апикальный рост. Изредка встречается рост преимущественно у основания нити - базальный рост. У многих водорослей нити ветвятся. Ветвление встречается во всех группах, где наблюдается нитчатая структура, и достигает большого разнообразия, представляя собой одну из обычных модификаций простой нитчатой структуры.

Разнонитчатая (или гетеротрихальная) структура возникла из нитчатой вследствие дифференциации таллома на горизонтальную часть, стелющуюся по субстрату, выполняющую преимущественно функцию прикрепления, и вертикальную, поднимающуюся над субстратом, выполняющую ассимиляционную функцию. В последней обычно находятся органы размножения. Горизонтальная часть состоит из ветвящихся, нередко тесно расположенных нитей, которые иногда полностью смыкаются в псевдопаренхимную многоклеточную пластинку, нарастающую по периферии и уже не имеющую следов нитчатого строения. Вертикальную часть образуют одна или многие часто ветвящиеся нити. Такое строение может нарушаться в результате редукции или чрезмерного развития одной из этих частей.

Пластинчатая структура представлена талломами в виде пластинок, состоящих из одного, двух или нескольких слоев клеток. Образование их начинается с нити и происходит в результате продольного деления клеток, составляющих нить. При делении клеток в двух взаимно перпендикулярных плоскостях образуется однослойная пластинка. Если, кроме того, происходит ограниченное число делений клеток в третьей плоскости, перпендикулярной первым двум, образуется два и более клеточных слоя. Двухслойные пластинчатые талломы некоторых водорослей могут превращаться в трубку или мешок вследствие расхождения слоев и образования внутри таллома полости.

Для наиболее высоко организованных форм водорослей некоторыми авторами выделяется тканевая (или паренхиматозная) структура морфологической дифференциации многоклеточного таллома, хотя о настоящих тканях у водорослей речь идти не может. У представителей порядков ламинариевых и фукусов из отдела бурых водорослей талломы имеют макроскопические размеры разнообразной формы, иногда морфологически сложно расчлененные. В таких крупных талломах наблюдается морфологическая дифференциация групп клеток по выполняемой основной функции: проводящая, механическая, ассимиляторная. Деление клеток в трех взаимно перпендикулярных направлениях с образованием объемных многоклеточных паренхимных участков таллома наблюдается также у ряда наиболее высоко организованных представителей синезеленых водорослей из порядка стигонемовых, у некоторых красных водорослей. Наряду с этим у многих водорослей, обладающих нитчатой или разнонитчатой структурой, могут возникать ложнопаренхимные структуры в результате срастания ветвей нитчатой структуры в объемные, нередко сложно дифференцированные в анатомическом и морфологическом отношении талломы. Такие ложнопаренхиматозные структуры наиболее характерны для красных водорослей.

Харофитная структура представлена талломами в виде кустисто ветвящихся нитевидных или стеблевидных побегов членисто-мутовчатого строения, укореняющихся на дне водоемов с помощью многочисленных тонких бесцветных ризоидов. На основных побегах на некотором расстоянии друг от друга располагаются мутовки коротких равновеликих (в пределах каждой мутовки) боковых побегов также членистого строения. Обе эти вегетативные части условно называются «стеблями» (основные ветвящиеся побеги) и «листьями» (расположенные мутовками боковые побеги). Рост стеблей верхушечный, неограниченный, листья имеют ограниченный рост. Места расположения мутовок называются узлами, а участки стебля между ними - междоузлиями. Каждое междоузлие стебля - это одна многоядерная вытянутая клетка, не способная к делению и иногда покрытая однослойной корой, а каждый узел состоит из собранных в диск нескольких мелких одноядерных клеток, дифференцирующихся в процессе деления и образующих как боковые ветви стебля, так и мутовку листьев.

Неклеточным называется таллом, для которого характерно: отсутствие внутренних перегородок (т.е. формально это одна клетка) при крупных размерах и сложном (морфологическом и функциональном) расчленении. Для неклеточного таллома принято

выделять сифональную структуру морфологической дифференциации. К сифональной структуре тесно примыкает, сифонокладальная, наблюдаемая у зеленых водорослей. Сифонокладальная структура образуется в процессе индивидуального развития из сифональной структуры в результате последующего сегрегативного деления на многоядерные участки, или сегменты.

При наступлении неблагоприятных условий у водорослей образуются покоящиеся стадии; цисты, акинеты, гипноспоры. При формировании цисты содержимое клетки плазмолизируется, округляется и вырабатывает новую оболочку, часто содержащую кремний. Клетка всегда формирует одну цисту. При прорастании цисты обычно образуется одна вегетативная особь, реже циста может прорасти зооспорами. Подобные цисты известны у динофитовых, золотистых и желтозеленых водорослей.

Формирование акинет характерно для многоклеточных талломов нитчатой структуры. При этом отдельные клетки нити слегка округляются, в них накапливаются запасные питательные вещества и часто пигменты, оболочки сильно утолщаются. Если неблагоприятный период непродолжителен, акинеты сохраняются в виде нити и при наступлении благоприятных условий вновь начинают активно вегетировать. Если же образование акинет происходит в конце вегетационного периода, связь между ними теряется, нить распадается на отдельные акинеты и весной при наступлении благоприятных условий каждая акинета дает начало новой вегетативной особи. Наиболее характерны акинеты для зеленых и желтозеленых водорослей. По способу образования являются акинетами и покоящиеся споры синезеленых водорослей.

В отличие от акинет гипноспоры всегда развивают свою собственную оболочку, в образовании которой оболочка материнской клетки участия не принимает. Наиболее характерны гипноспоры для нитчатых форм зеленых водорослей. В отличие от цист гипноспоры могут образовываться в одной клетке в большем числе, а оболочка их не пропитывается кремнеземом.

Одним из основных свойств живых организмов является способность к размножению, или воспроизведению себе подобных. Рассмотрим три способа размножения: вегетативное, бесполое и половое.

Под вегетативным понимается такой способ размножения, при котором новый организм возникает из части старого. При этом старый организм либо прекращает свое существование (в случае одноклеточных форм), либо продолжает существовать. У одноклеточных форм вегетативное размножение происходит делением клетки пополам, у колониальных - распадом колоний, у многоклеточных - фрагментацией многоклеточного таллома. Кроме того, у водорослей известны и специализированные образования вегетативного размножения. Это клубеньки у харовых, выводковые почки у бурых, гемы (или вегетативные бородавочки) у красных; у наиболее высоко организованных форм зеленых, бурых, красных, а также у харовых водорослей вегетативное размножение в течение вегетационного периода может осуществляться за счет дополнительных побегов и столонов. Кроме того, одной из форм вегетативного размножения можно считать также

образование акинет и гипноспор у многоклеточных форм; в этом случае наблюдается сочетание двух функций: вегетативного размножения и перенесения неблагоприятных условий.

Под бесполом размножением понимается такой способ размножения, при котором новый организм возникает из одной гаплоидной клетки - споры. В образовании спор участвует только протопласт материнской клетки (спорангия), оболочка же никакого участия в делении не принимает и сохраняет свою целостность вплоть до созревания спор. При освобождении спор оболочка спорангия разрушается тем или иным способом: образование отверстия или щели, разламывание на два и более кусков, ослизнение. Все разнообразие спор можно классифицировать: по способу образования, по подвижности и по числу спор, образующихся в одном спорангии.

По способу образования различают эндоспоры (образующиеся внутри спорангия) и экзоспоры. Последние характерны для синезеленых водорослей. При их развитии стенка спорангия разрывается или ослизняется на верхушке и окружает клетку, отделяющую экзоспоры, в виде влагалища (называемого в данном случае ложным). Экзоспоры образуются путем поперечного деления материнской клетки и дальнейшего отчленения.

По подвижности различают зооспоры, имеющие жгутиковую структуру, и апланоспоры - неподвижные споры.

Зооспоры могут иметь 1, 2, 4 или много жгутиков; в последнем случае жгутики располагаются венчиком у переднего конца споры – эдогониевые из зеленых водорослей, или парами по всей ее поверхности – вошериевые из желтозеленых. Апланоспоры, приобретающие еще внутри спорангия форму материнской клетки, называются автоспорами. В том случае, когда апланоспоры после выхода из спорангия переходят в длительное состояние покоя, вырабатывая утолщенную оболочку, их называют гипноспорами. Неподвижные споры, утратившие жгутики, но сохранившие пульсирующие вакуоли и стигму, носят название гемизооспоры.

У подавляющего большинства видов растений в спорангиях формируется большое число спор (как правило, кратное четырем) - полиспоры. Но есть случаи, когда число спор в спорангии составляет 1 - моноспоры, 2 - биспоры или 4 - тетраспоры. Такая классификация спор принята для красных водорослей, лишенных в жизненном цикле подвижных стадий.

Половым называется такой способ размножения, при котором новый организм возникает из одной диплоидной клетки (зиготы), образующейся в результате предварительного слияния двух гаплоидных клеток (гамет). Следует отметить, что у низших растений в целом, и у водорослей, в частности, половой процесс представлен достаточно разнообразно. При этом далеко не всегда есть зигота и гаметы как специализированные половые клетки, Но вполне правомерно говорить о половом процессе в общебиологическом смысле при наличии следующих моментов:

- слияние гаплоидных элементов;
- формирование диплоидного элемента;
- образование из диплоидного элемента нового организма или приобретение организмом

качественно новых свойств.

В настоящее время для водорослей известны следующие типы полового процесса: 1) хологамия; 2) изогамия; 3) гетерогамия; 4) оогамия; 5) конъюгация; 6) автогамия.

Хологамия - такой тип полового процесса, при котором функции гамет выполняют вегетативные особи. Характерна хологамия для одноклеточных монадных или амeboидных форм. Считают, что хологамия - исходный, первичный, наиболее примитивный тип полового процесса.

Для следующих трех типов полового процесса характерно наличие специализированных клеток - гамет, которые формируются в гаметангиях. За редким исключением (харовые, бурые водоросли) гаметангии водорослей одноклеточны, образуются непосредственно из вегетативной клетки или специально закладываются на талломе.

Изогамия - такой тип полового процесса, при котором гаметы одинаковы по строению, размерам и подвижности. Отличие изогамет заключается в некоторой физиологической разнокачественности, что принято обозначать знаками "+" и "-". Копулируют всегда "+"-гаметы и "-"-гаметы, однако у разных видов наблюдаются некоторые различия. У одних видов копулируют "+"-гаметы и "-"-гаметы, сформировавшиеся на одном талломе (гомоталлические виды), у других - копулируют "+"-гаметы и "-"-гаметы, сформировавшиеся на разных талломах (гетероталлические виды). Гетероталлические виды считают более продвинутыми в эволюционном плане по сравнению с гомоталлическими.

Гетерогамия - такой тип полового процесса, при котором гаметы одинаковы по строению и подвижности, но различны по размерам. При этом меньшую гамету называют микрогаметой, большую - макрогаметой. Гетерогамный половой процесс встречается значительно реже по сравнению с изогамией.

Оогамия - такой тип полового процесса, при котором гаметы различны по строению, размерам и подвижности. При оогамном половом процессе в женских гаметангиях (оогониях) формируются крупные неподвижные женские гаметы - яйцеклетки, в мужских гаметангиях (антеридиях) - мелкие подвижные мужские гаметы - сперматозоиды. Оогамия является наиболее высокоорганизованным типом полового процесса, доминирующим не только у растений, но и в целом в органическом мире.

В настоящее время общепризнано, что гаметы являются высоко дифференцированными, узко специализированными клетками, выполняющими одну функцию. Функция женской гаметы - обеспечение будущего нового организма запасом питательных веществ на первых стадиях его развития. Отсюда крупные размеры женской гаметы и ее неподвижность. Функция мужской гаметы - активация женской гаметы, что вполне объясняет мелкие размеры (только доставить ядро, а также экономия "строительного" материала при образовании мужских гамет) и подвижность (активный поиск неподвижной женской гаметы).

Своеобразным типом полового процесса является конъюгация - такой тип полового процесса, при котором функции гамет выполняют протопласты вегетативных клеток.

У диатомовых водорослей конъюгация известна для представителей класса

пеннатных, характеризующихся двухсторонней симметрией панциря. Перед началом конъюгации две клетки сближаются, покрываются общим слизистым чехлом, створки панцирей раздвигаются и освобождают протопласты. В каждом из протопластов диплоидное ядро редуционно делится и образуется по 4 гаплоидных ядра; по два ядра в каждом протопласте дегенерируют и остается только по паре ядер. Затем протопласты перешнуровываются и в конечном итоге обособляется четыре голых участка протопластов, каждый с одним гаплоидным ядром. Именно эти участки и выполняют функции гамет: совершая амебоидные движения, участки протопластов перемещаются и происходит сингамия участков, первоначально принадлежащих разным клеткам. Продукт сингамии у диатомовых водорослей получил название ауксоспора, так как после конъюгации протопласт с диплоидным ядром приобретает способность к активному росту. Только после достижения размеров, максимальных для данного вида, протопласт вырабатывает панцирь, и ауксоспора превращается в вегетативную особь.

Несколько иначе протекает конъюгация у конъюгат - класса зеленых водорослей. Для представителей этого класса характерны два типа конъюгации - лестничная и боковая.

Лестничная конъюгация у многоклеточных форм с нитчатым талломом происходит следующим образом. Оболочки клеток двух сблизившихся и расположившихся одна вдоль другой нитей образуют выросты в сторону клеток соседней нити. Эти выросты смыкаются концами, перегородка между ними растворяется и формируется так называемый конъюгационный канал, соединяющий две клетки. Одновременно с формированием конъюгационного канала в клетках происходят следующие изменения: протопласт плазмолизируется, сильно уменьшается в размерах, хлоропласты гомогенизируются и становятся неразличимыми. Поскольку такие протопласты покрыты только плазмалеммой, они приобретают способность к амебоидному движению. Если перестройка протопластов происходит синхронно и скорость их передвижения одинакова, то сингамия и формирование зиготы происходит в конъюгационном канале. Если же один из протопластов передвигается активнее и сингамия происходит в клетках одной из нитей, то в этом случае нить с зиготами условно называют "женской", а нить с пустыми клетками - "мужской".

При боковой конъюгации конъюгационный канал формируется между двумя соседними клетками нити (у многоклеточных форм) либо между двумя особями (у одноклеточных).

У водорослей известен еще один особый тип полового процесса - автогамия. Он заключается в том, что ядро клетки предварительно делится (митоз у гаплоидных форм и мейоз - у диплоидных); в случае образования 4 ядер два из них разрушаются; два ядра сливаются в диплоидное ядро, образуя кремнистую цисту (у золотистых) или ауксоспору (у центральных диатомовых).

Разные формы размножения - бесполое и половое - часто наблюдаются у одного и того же вида, сменяя друг друга более или менее регулярно. Развитие вида от одной до другой одноименной стадии получило название жизненного цикла и это понятие не всегда совпадает с понятием онтогенез (индивидуальное развитие).

Для растений известны следующие типы жизненных циклов: 1-гаплофазный; 2-диплофазный; 3 –гаплодиплофазный: 3.1-изоморфный; 3.2 -гетероморфный.

При этом все типы жизненных циклов известны у водорослей, тогда как для высших растений только тип 3.2 - гетероморфный гаплодиплофазный.

При гаплофазном жизненном цикле вегетативная особь всегда гаплоидна - диплоидна только зигота у видов, имеющих половой процесс. У таких видов редукционное деление происходит в зиготе при ее прорастании (зиготическая редукция). При отсутствии полового процесса нет и диплоидной стадии в жизненном цикле.

При диплофазном жизненном цикле вегетативная особь всегда диплоидна, гаплоидны только гаметы; бесполое размножение отсутствует. У растений диплофазный жизненный цикл является единственной формой у диатомовых, известен у ряда видов зеленых.

Наиболее часто встречающимся у растений является гаплодиплофазный жизненный цикл с изоморфным или гетероморфным чередованием поколений. При этом, если у водорослей наблюдается большое разнообразие в продолжительности жизни и регулярности смены спорофита и гаметофита, то у высших растений известна только гетероморфная смена поколений с регулярным их чередованием. При изоморфном гаплодиплофазном жизненном цикле оба поколения - и гаметофит (гаплонт), и спорофит (диплонт) - представлены сходными по внешнему и внутреннему строению вегетативными особями. Отличаются они только по набору хромосом в ядрах, а также по тем органам размножения (спорангии или гаметангии), которые на них формируются. Место мейоза в жизненном цикле растений строго фиксировано: он происходит в спорангиях при формировании спор.

При гетероморфном гаплодиплофазном жизненном цикле спорофит и гаметофит отличаются друг от друга по внешнему и внутреннему строению, а часто и по длительности существования. У разных видов водорослей могут доминировать как спорофит, так и гаметофит; при этом и спорофит, и гаметофит (у разных видов по-разному) может быть эфемероидом, однолетником, двулетником или многолетником. У части видов чередование поколений происходит регулярно; вместе с тем известны виды, у которых одно из поколений является постоянной формой существования, а появление другого поколения - явление редкое и нерегулярное, зависящее часто от условий обитания. Все споры в спорангиях одинаковы (водоросли - изоспоровые растения), но часть из них дают женский гаметофит, а часть - мужской. Это зависит от условий внешней среды. Экспериментально доказано, что споры, попадающие в более благоприятные условия, дают женский гаметофит.

Понятия жизненный цикл и онтогенез совпадают при гаплофазном и диплофазном жизненных циклах. При гаплодиплофазном жизненном цикле эти понятия не совпадают, так как жизненный цикл в данном случае включает онтогенезы двух поколений, каждое из которых имеет свое начало и свой конец.

## Краткая характеристика отделов водорослей

Со второй половины XX столетия водоросли приобретают большое значение как удобные модельные объекты в различных областях фундаментальной и прикладной науки. Внедрение новых методов (электронной микроскопии, цитохимии, спектроскопии, молекулярной биологии) в изучение водорослей привело к информационному «цунами», что, в свою очередь, активизировало работу в области систематики, эволюции, филогении водорослей.

Вместе с тем, анализ и интерпретация уже имеющейся и постоянно поступающей новой информации весьма затруднен в силу ряда причин:

- ✓ основной массив данных получен на культуральном материале и не подтвержден исследованиями естественных популяций;
- ✓ общеизвестно, что в условиях культуры одноклеточные организмы (в том числе и водоросли) мутируют уже в первом поколении; это ставит под сомнение эволюционную значимость выявляемых на культуральном материале признаков;
- ✓ в пределах крупных таксонов (отдел, класс) детально изучено небольшое число видов (иногда 1-2), что придает большинству предлагаемых систем в значительной степени умозрительный характер.

Учитывая вышесказанное, автор считает необходимым при изложении материала придерживаться традиционной системы водорослей.

**I. CYANOPHYTA (Cyanoprocaryota)** – Известно около 2000 видов. Древнейшие фотоавтотрофные организмы, осуществляющие фотосинтез с выделением кислорода. Комплекс пигментов включает хлорофилл а, фикоцианин и фикоэритрин, β-каротин, ксантофиллы (зеаксантин, криптоксантин, миксоксантин, осциллоксантин и др.). В зависимости от соотношения пигментов окраска клеток варьирует от темно-зеленой, почти черной, до желто-зеленой, оливковой, сине-зеленой, голубой, фиолетовой и розовой. Основные продукты ассимиляции: специфический белок цианофицин и гликогенподобный полисахарид (дает бурую окраску при реакции с йодом).

Клетки окружены четырехслойными клеточными оболочками, состоящими из слизистых полисахаридов, пектиновых веществ и муреинов. Для большинства представителей характерно наличие обильной слизи. В клетках синезеленых отсутствуют окруженные мембранами органеллы: ядро, хлоропласт, аппарат Гольджи, митохондрии, эндоплазматическая сеть, вакуоли с клеточным соком. В протопласте различают центральную неокрашенную часть – нуклеоплазму, содержащую нити ДНК (эквивалент ядра) и периферическую окрашенную часть – хроматоплазму, в которой расположена система одиночных дисков (тилакоидов), составляющих морфологически недифференцированный фотосинтетический аппарат клетки. Характерно обилие включений, различающихся по форме, размерам и составу. Для многих видов характерны газовые вакуоли.

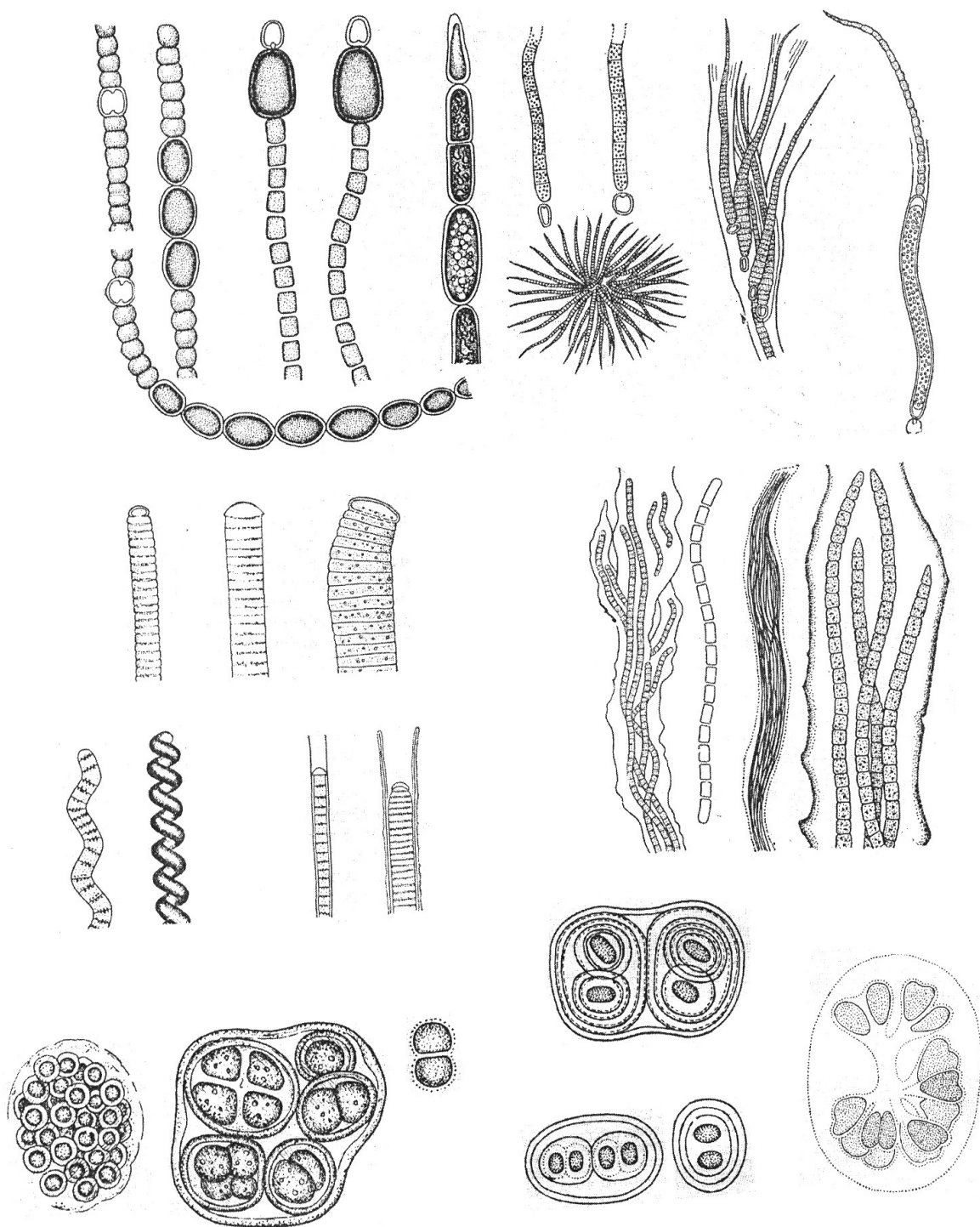


В морфологическом отношении синезеленые включают одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы, обычно микроскопических размеров, но иногда образующие колонии и разрастания, видимые невооруженным глазом. Подвижные жгутиковые формы и стадии отсутствуют.

Обязательной составной частью многоклеточных нитчатых форм являются трихомы, состоящие из одного или нескольких рядов клеток, между которыми существует плазматическая связь. Трихомы часто окружены трубчатыми слизистыми футлярами — влагалищами. Вместе с влагалищами трихомы образуют нити. Нити бывают неразветвленными (простыми) и разветвленными, а ветвление — настоящим и ложным. При настоящем ветвлении происходит ветвление трихомов в результате деления клеток в плоскости, параллельной продольной оси трихома. При ложном ветвлении наблюдается ветвление влагалищ, а трихомы остаются неразветвленными.

Размножаются синезеленые водоросли вегетативно (делением клеток надвое, фрагментацией колоний, гормогониями, гормоцистами, акинетами, называемыми также покоящимися «спорами») и бесполым путем с образованием эндоспор и экзоспор. Половое размножение отсутствует.

Широко распространены в различных условиях; обитают в пресных, реже морских водах; в горячих источниках; на поверхности почвы, на голых скалах. В планктоне, бентосе, перифитоне. Возбудители «цветения» воды. Токсичны. Способны к азотфиксации. За счет массового развития *Cyanophyta* в чеках рисовых полей дополнительно поступает около 15-25 кг азота на гектар.



Разнообразие формы тела синезеленых водорослей

**II. DINOPHYTA** – Известно около 500 видов. Эукариоты (уникальная организация ядра и специфика митоза послужили основанием для выделения в особую группу мезокариот). Комплекс пигментов включает хлорофиллы *a* и *c*,  $\beta$ - и  $\gamma$ -каротины, 7 ксантофиллов (перидинин, фукоксантин, диноксантины и др.). Продукты ассимиляции – масло, хризоламинарин.

Клеточные покровы – плазмалемма (голые формы), перипласт, тека, оболочка (целлюлозно-пектиновая). Известны трихоцисты. Хлоропласты разнообразны по форме, многочисленны. Стигма вне хлоропласта, в основании жгутиков. Жгутиков два, разной длины и формы, гетеродинамичны.

Одноклеточные, колониальные и многоклеточные формы амебоидной, монадной, пальмеллоидной, коккоидной и примитивно-нитчатой структур.

Вегетативное размножение делением клетки надвое в подвижном состоянии; бесполое – зооспорами и апланоспорами; половой процесс редко, нерегулярно, хологамия, изогамия, гетерогамия. Гаплофазный жизненный цикл. Известны толстостенные цисты, образующиеся при неблагоприятных условиях.

Морские и пресноводные формы. Типичные планктеры. Могут давать массовое развитие в морях («красные приливы»). Есть токсичные виды.

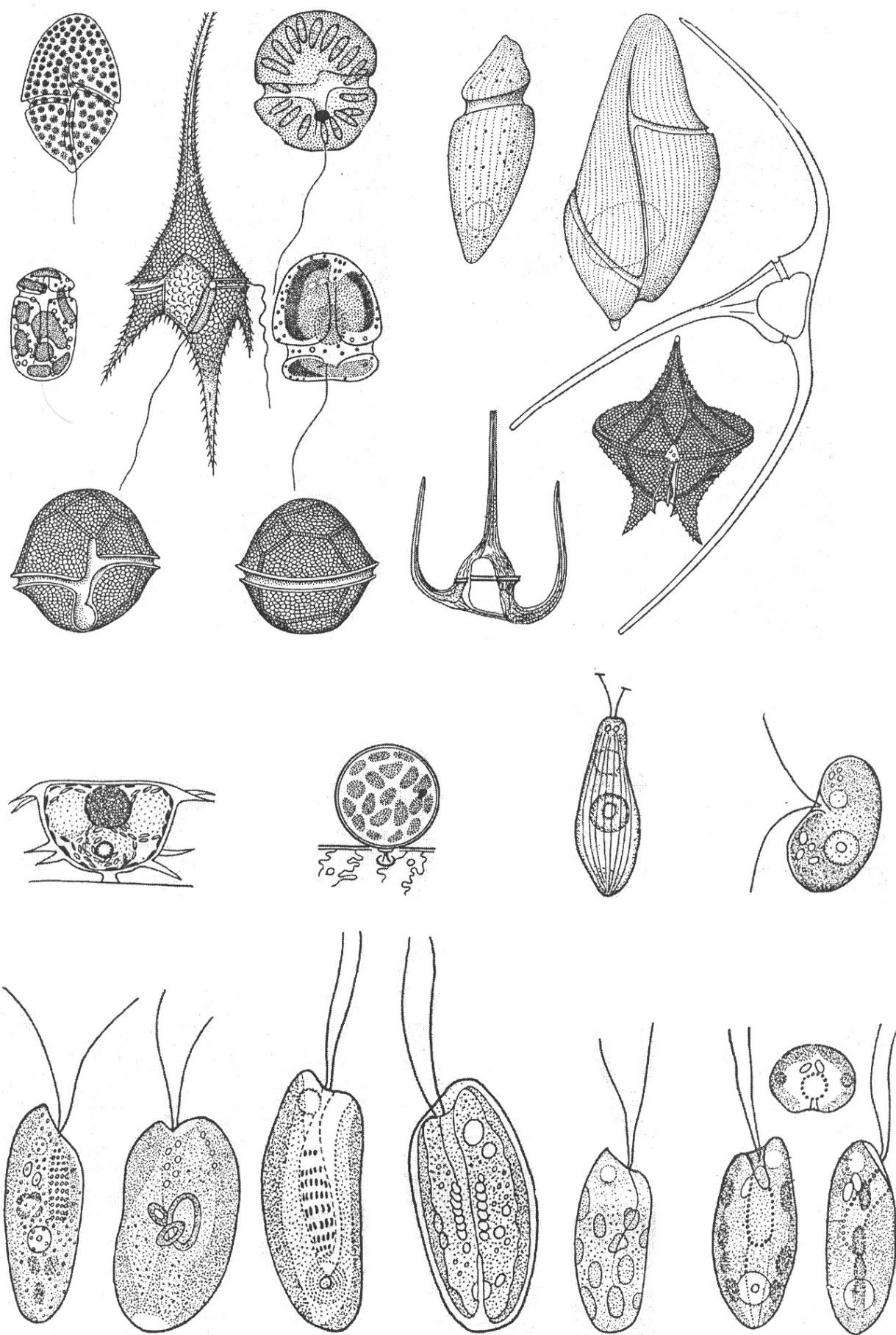
**III. CRYPTOPHYTA** – Известно около 100 видов. Эукариоты. Комплекс пигментов включает хлорофиллы *a* и *c*,  $\alpha$ - и  $\epsilon$ -каротин, ксантофиллы (зеаксантин, диатоксантины и др.), фикоциан и фикоэритрин. Продукты ассимиляции – хризоламинарин, масло, крахмал.

Клеточный покров – перипласт; у небольшого числа видов известна оболочка. Хлоропластов обычно 1-2, реже больше, пластинчатые или другой формы. Пиреноиды голые или окаймленные, часто отсутствуют. Жгутиков 2, опушенные, незначительно отличающиеся по длине. Стигма у небольшого числа видов, внутрипластинчатая. От косо срезанного переднего конца проходит более или менее заметная продольная, косая или спирально завитая бороздка, не достигающая заднего конца клетки. На переднем конце клетки — мешковидная глотка, по краю и на поверхности которой находятся эджектосомы в виде палочек и зернышек, при раздражении выбрасывающие тонкие нити.

Одноклеточные формы жгутиковой, редко коккоидной структуры.

Вегетативное размножение делением клетки в подвижном или неподвижном состоянии; бесполое размножение зооспорами. Половой процесс неизвестен. Гаплофазный жизненный цикл.

В экологическом отношении весьма разнообразны: пресноводные и морские формы; в планктоне (поверхностные слои и на глубине до 25 м) и бентосе; в широком диапазоне температуры и pH; криофилы, развивающиеся на снежниках, известны из Антарктиды; дают массовое развитие в сточных водах и водоемах-охладителях ТЭС и АЭС.



Разнообразие формы тела динофитовых и криптофитовых водорослей

#### **IV. RAPHIDOPHYTA (Chloromonadophyta)** – Известно около 20 видов. Эукариоты.

Микроскопические, относительно крупные, одноклеточные, жгутиковые, более или менее метаболические организмы с дорсивентральным телом, спереди с двумя неравными жгутиками и с продольной бороздкой на брюшной стороне. Стигма отсутствует. Клетки окружены плазмалеммой, под которой находятся слизистые тельца и иногда игловидные, радиально расположенные трихоцисты, выбрасывающие при раздражении длинные слизистые нити. Хлоропласты дисковидные или эллипсоидные, мелкие, многочисленные, светло-зеленые, расположенные по периферии одним слоем. В составе пигментов обнаружены хлорофиллы *a* и *c*,  $\beta$ -каротин, антераксантин, лютеин, диадиноксантин, диатоксантин.

Продукты ассимиляции – масло, хризоламинарин, крахмал?, стигма у небольшого числа видов. Система вакуолей состоит из нескольких мелких и одной крупной пульсирующих вакуолей, изливающих свое содержимое наружу или в треугольный резервуар, который открывается выводным каналом. Размножение продольным делением в подвижном или пальмеллевидном состоянии. Известны цисты и покоящиеся клетки.

Слабо изученная группа. Разными авторами включаются в состав *Euglenophyta* или *Cryptophyta*.

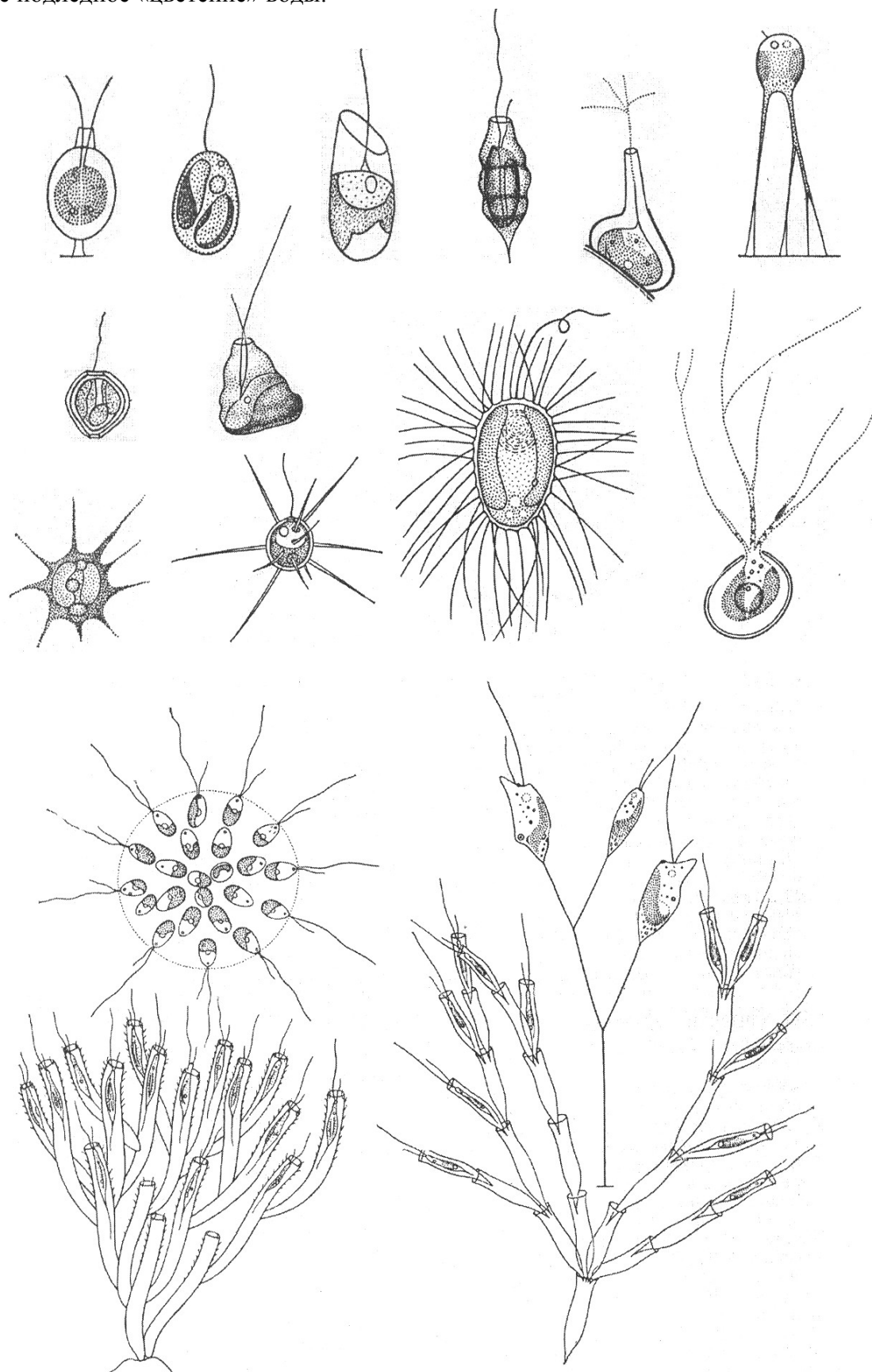
Характерны для небольших, стоячих водоемов с чистой водой, особенно в болотах. Встречаются единичными экземплярами в толще воды, обычно весной и осенью. Редко в опресненных морских бухтах и лужах на берегу моря.

**V. CHRYSOPHYTA** – Известно около 1000 видов. Эукариоты. В пигментном комплексе известны хлорофиллы *a*, *c*;  $\beta$ -каротин; 10 ксантофиллов (фукоксантин, лютеин и др.). Продукты ассимиляции: хризоламинарин, масло, волютин.

Клеточные покровы: плазмалемма (голые формы), перипласт, чешуйки, оболочка (целлюлозно-пектиновая). Оболочка может быть инкрустирована соединениями железа или покрыта многочисленными известковыми тельцами (кокколиты). Известны формы с домиками. Хлоропласты различной формы; обычно их 1-2 в клетке, реже 4-8 и больше. Пиреноиды голые. Некоторые представители обладают стрекательными структурами. Монадные формы и стадии с 1-2, реже 4 жгутиками, различающимися по строению и длине; реже жгутики одинаковые. У части видов, кроме жгутиков есть гаптонема. Стигма расположена на переднем крае хлоропласта, непосредственно под боковым жгутиком. Вакуольный аппарат состоит из пульсирующих, а иногда также неппульсирующих вакуолей (пузул). У некоторых представителей образуются псевдоподии, ризоподии или аксоподии.

Одноклеточные, колониальные или многоклеточные формы амебоидной, монадной, пальмеллоидной, коккоидной, нитчатой, разнонитчатой и пластинчатой структур. Вегетативное размножение делением клеток и распадом колоний; бесполое – зооспорами и апланоспорами. Половой процесс – хологамия, изогамия, автогамия; продукт полового процесса – эндогенные кремнистые цисты. Гаплофазный жизненный цикл.

В планктоне и эпифитоне пресноводных и морских водоемов; предпочитают холодные чистые воды; индикаторы чистоты воды. Ряд видов токсичны. Могут вызывать зимнее подледное «цветение» воды.



Разнообразие формы тела золотистых водорослей

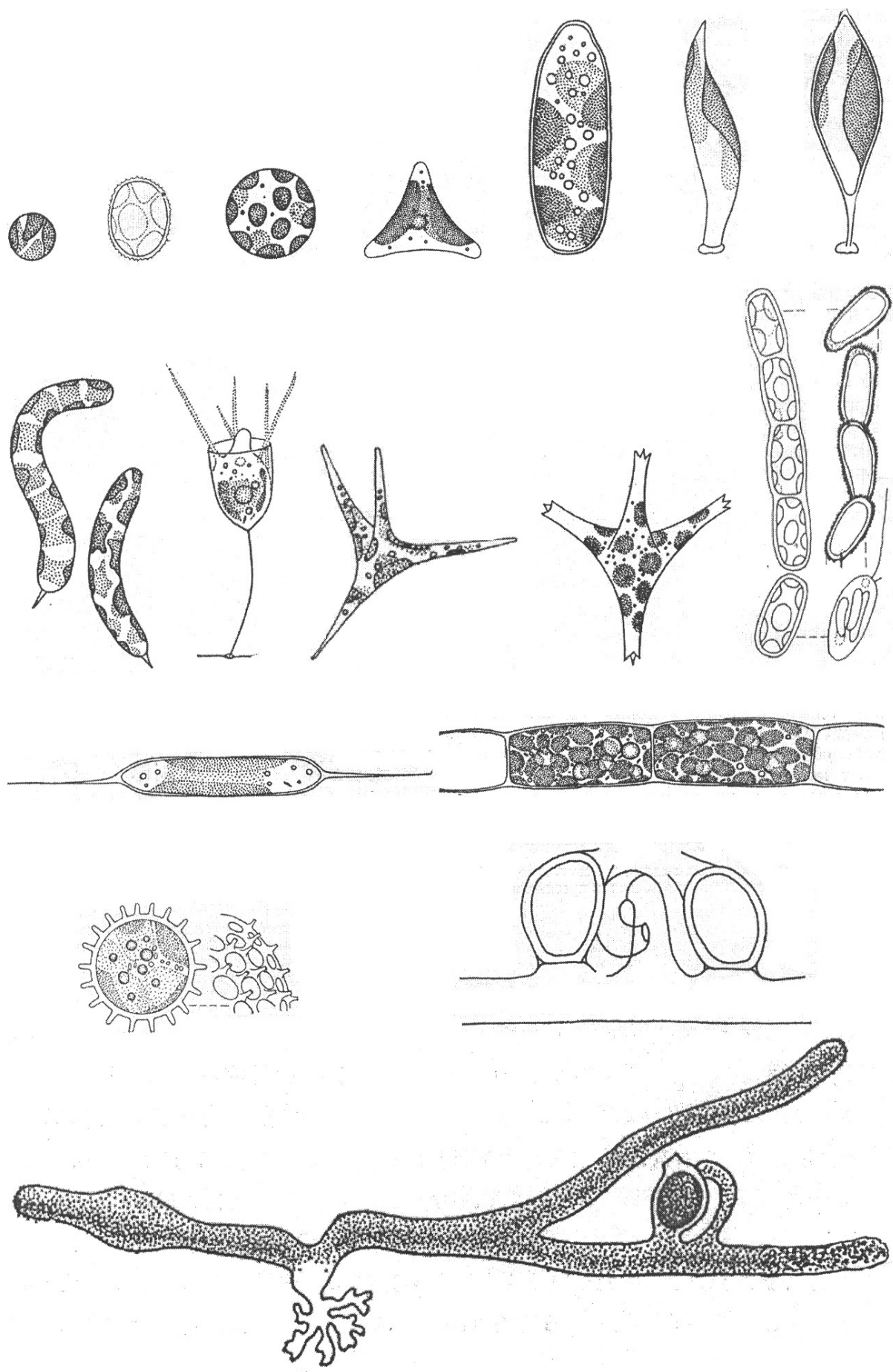
**VI. XANTHOPHYTA** – Известно около 800 видов. Эукариоты. В составе пигментов хлорофиллы а, с;  $\beta$ -,  $\epsilon$ -каротины; 12 ксантофиллов (диадinoxантин, диатоксантин, лютеин, вошериаксантин и др.). Продукты ассимиляции: масло, хризоламинарин, волютин, жиры, белки (откладываются в клетках в форме кристаллов).

Клеточные покровы: плазмалемма (голые формы), перипласт, оболочка (цельная или из 2 равных или неравных частей). У большинства видов оболочка пектиновая, лишена целлюлозы, инкрустирована соединениями Fe, Si, Ca. Известны формы с домиками. Хлоропласты разнообразны по форме, размерам; от 1-2 до многих в клетке. Пиреноиды голые. Типично разножгутиковые формы, жгутиков 2, реже один редуцирован. Стилма связана с хлоропластом, реже вне его; у части видов стилма отсутствует.

Одноклеточные, колониальные, ценобиальные, многоклеточные и неклеточные формы коккоидной, амебоидной, жгутиковой, пальмеллоидной, нитчатой и сифональной структур.

Размножение вегетативное, делением клетки, распадом колоний и многоклеточных талломов. Доминирует бесполое размножение с образованием специализированных клеток: амебоидов, зооспор, гемизооспор, апланоспор. Половой процесс редок, у небольшого числа видов: изогамия (*Tribonema*), гетерогамия (*Botrydium*), оогамия (*Vaucheria*). Известно образование эндогенных и экзогенных цист с двустворчатой кремнеземовой оболочкой. Гаплофазный жизненный цикл.

Преимущественно пресноводные формы. Предпочитают мелководные, стоячие, часто эфемерные водоемы. В планктоне, бентосе, перифитоне; обычны в эдафоне.



Разнообразие формы тела желтозеленых водорослей



**VII. BACILLARIOPHYTA** – Известно около 20000 видов. Эукариоты. Комплекс пигментов включает хлорофиллы а и с,  $\beta$ - и  $\epsilon$ -каротин, 5 ксантофиллов (фукоксантин, диатоксантин, диадиноксантин и др.). Продукты ассимиляции – масло, хризоламинарин, валютин. Хлоропласты разнообразны по форме, размерам и положению; в клетке может быть от двух пластинчатых крупных хлоропластов до многочисленных мелких. Клеточная оболочка представлена панцирем (пектиновый матрикс инкрустированный кремнеземом), состоящим из двух половинок.

Структура панциря, его форма, соотношение осей и плоскостей симметрии лежат в основе систематики Bacillariophyta.

Панцирь состоит из двух половинок, своими краями плотно надвигающихся друг на друга, как крышка на коробку. Наружная половина панциря, соответствующая крышке коробки, называется эпитекой, внутренняя, соответствующая коробке, – гипотекой. Эпитека и гипотека также состоят каждая из двух частей: створки и поясового ободка. Створки более или менее плоские, реже выпуклые. Края створки загибаются подобно боковым сторонам коробки и называются загибом створки. Поясовый ободок имеет вид узкой ленты, окаймляющей край загиба створки, но не срастающей с ним. Эпитека свободным краем своего поясового ободка надвинута на поясовый ободок гипотеки, плотно его охватывая, но не срастаясь с ним. Границы поясовых ободков эпитеки и гипотеки видны на панцире в виде двухконтурной полосы, называемой пояском панциря. В зависимости от того, какой стороной клетка диатомовой водоросли обращена к наблюдателю, различают вид панциря со створки и с пояса.

Форма панциря разнообразна: в виде диска, барабана, цилиндра, шара, плоской коробочки, палочки, иголки и пр. Обычно через панцирь можно провести три оси симметрии: первальварную, продольную и поперечную и соответственно три *плоскости симметрии: створковую, продольную и поперечную*. Форма панциря определяется формой створки и высотой пояса. Концы створок также имеют разнообразную форму.

Створки имеют сложную структуру. Они пронизаны разнообразными округлыми, щелевидными и другой формы отверстиями (поры, швы), через которые осуществляется обмен между клеткой и средой; кроме того, они нередко содержат полости (ареолы, камеры) или несут ребра и другие утолщения и выросты. Поры видны под световым микроскопом в виде мелких точек, которые располагаются более или менее правильными рядами. При плотном расположении точек в рядах последние имеют вид сплошных линий – штрихов. Ребра представляют собой утолщения в виде складок на наружной или внутренней поверхности створки. Ареолы – это закономерно повторяющиеся полости в толще створки. Ареолы обычно видны под микроскопом как наиболее крупные выпуклые точки. Альвеола – поперечная длинная камера в толще створки, открывающаяся на ее внутренней стороне большим отверстием.

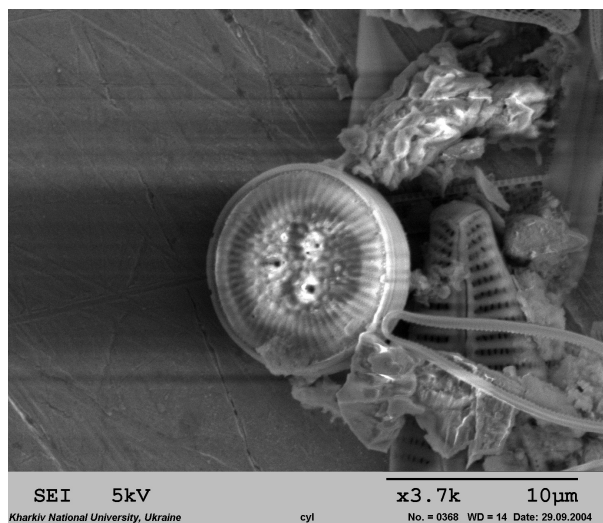
Гладкие, бесструктурные участки панциря называются гиалиновыми. У многих представителей Centrophyceae бесструктурные участки наблюдаются посередине створки

(центральное поле). У представителей Pennatophyceae такие участки обычно располагаются вдоль продольной оси створки (осевое поле). Осевое поле обычно посередине рассечено продольной, слегка волнообразной, нередко местами двух- или трехконтурной линией – швом. Шов представляет собой коленовидно-согнутую щель в толще створки, заметно суженную в колене и расширяющуюся, открытую наружу (наружная щель) и внутрь панциря (внутренняя щель). В центральном узелке наружная щель соединяется с внутренней вертикальным воронковидным каналом, перпендикулярным к плоскости створки, заметным под микроскопом в виде точки (центральная пора). Наличие швов связано со способностью клеток активно передвигаться по субстрату. У многих диатомовых на створках образуются также разнообразные выросты в виде выступов, щетинок, шипов, шипиков или гранул.

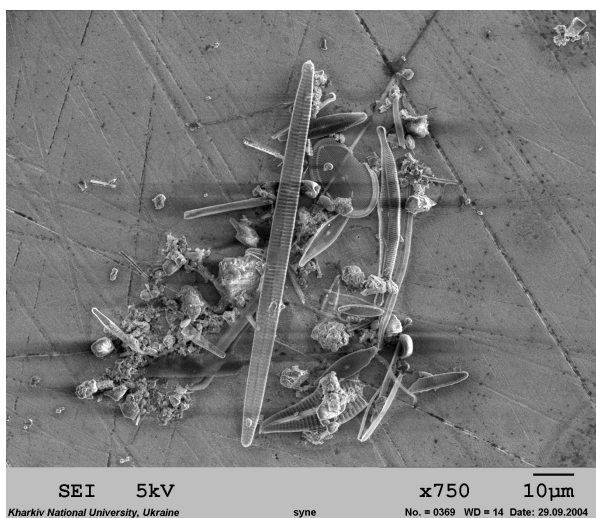
Одноклеточные и колониальные формы коккоидной структуры. Способны к обильному образованию слизи различной консистенции (жидкой, плотной, хрящеватой) и различного химического состава (соединения маннозы, ксилозы, рамнозы, полимеров глюкуроновой кислоты). Слизь способствует образованию колоний, прикреплению к субстрату, защищает от высыхания.

Вегетативное размножение делением клетки надвое. Половой процесс – изогамия, гетерогамия, оогамия, конъюгация, автогамия. Половой процесс сопровождается образованием аукоспор (растущих спор). Диплофазный жизненный цикл.

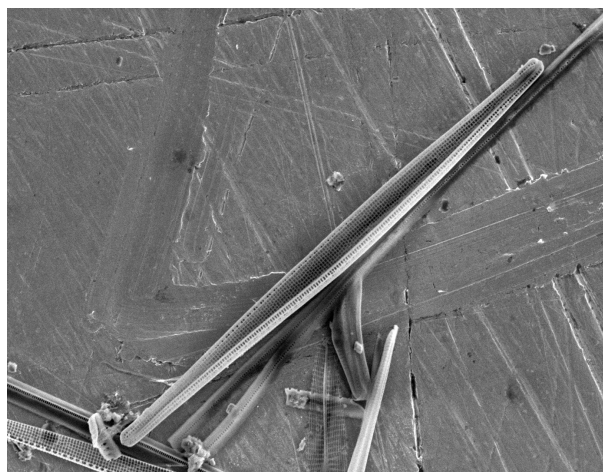
Широко распространены в пресных и соленых стоячих и текучих водоемах, на постоянно увлажняемых субстратах (влажные скалы, камни). В водоемах диатомовые водоросли – круглогодичные доминанты, особенно в ценозах обрастаний и донных (бентосных) фитоценозах. В альгофлоре морей и океанов составляют до 80% и более систематического состава водорослей, создают 50% всей органической массы океана. Основное звено трофических цепей водных экосистем. При отмирании, на дне водоемов формируют диатомовые и сапропелевые илы и диатомиты (осадочные кремнеземные породы).



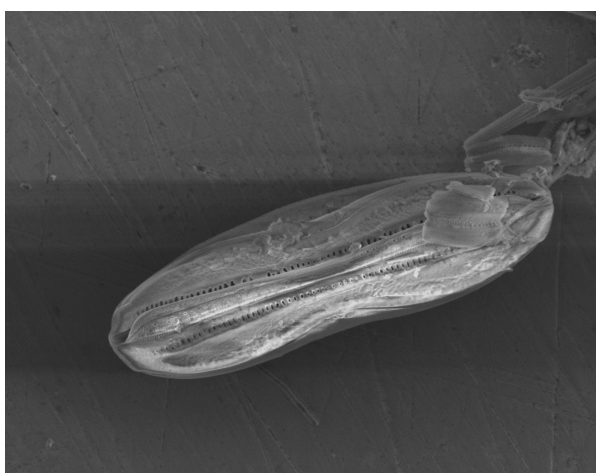
*Cyclotella ocellata*



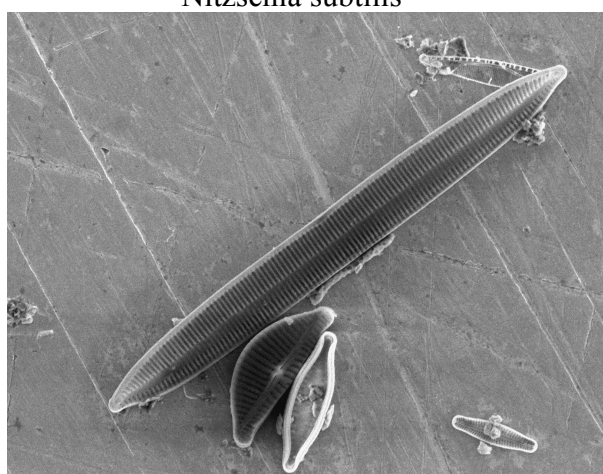
*Fragilaria ulna*



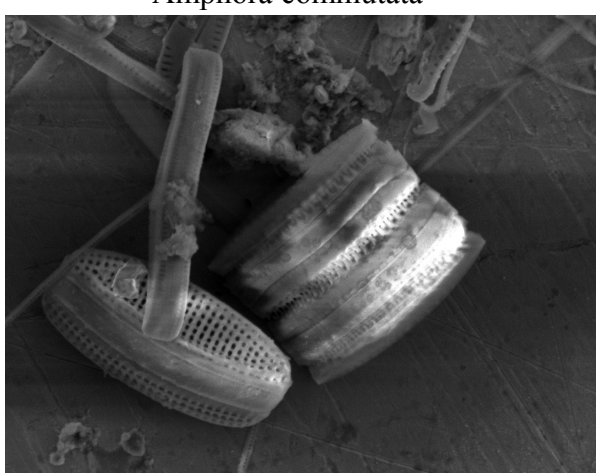
*Nitzschia subtilis*



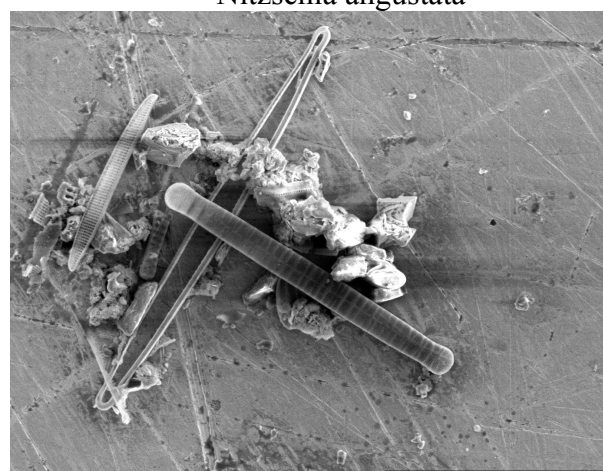
*Amphora commutata*



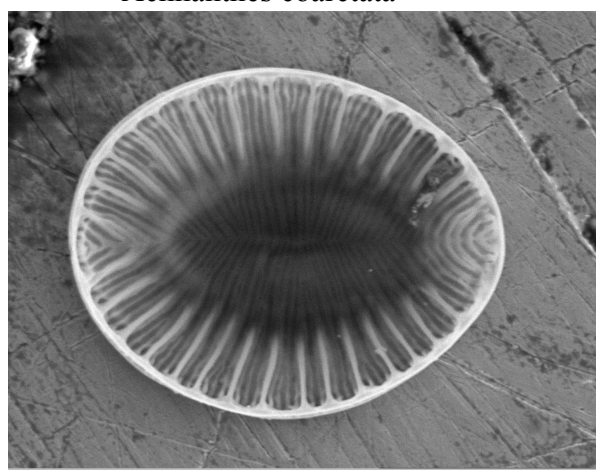
*Nitzschia angustata*



*Achnanthes coarctata*



*Diatoma ehrenbergii*



*Surirella minuta*

Разнообразие форм панциря диатомовых водорослей

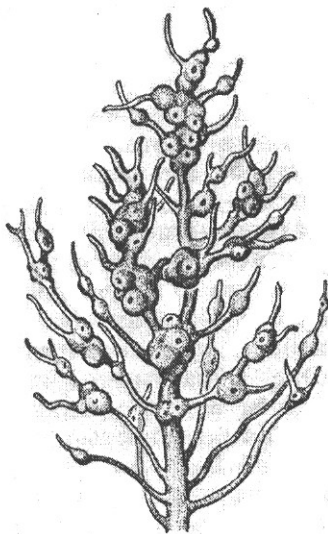
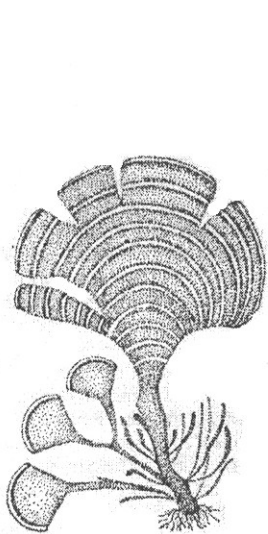
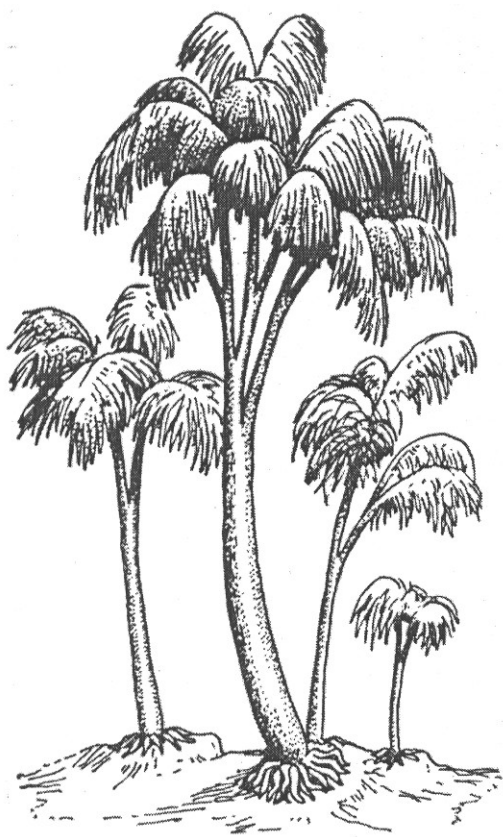
**VIII. РНАЕОРНУТА** – Известно около 1500 видов. Эукариоты. Комплекс пигментов включает хлорофиллы а и с,  $\beta$ - и  $\varepsilon$ -каротины, 4 ксантофилла (фукоксантин и др.). Продукты ассимиляции – хризоламиарин, маннит, масло.

Клетки преимущественно одноядерные. Клеточный покров – оболочка, в составе которой пектиновые вещества, альгулеза (полисахарид сходный с целлюлозой), фикоколлоиды (альгиновая кислота и ее соли). Хлоропласты от одного до многих, разнообразной формы. Пиреноиды полупогруженные. Имеются особые включения в форме пузырьков — физоды, содержащие дубильные вещества (фукозан).

Преимущественно многоклеточные, прикрепленные, макроскопические, иногда до 50 м дл., редко микроскопические формы нитчатой, разноритчатой, пластинчатой, паренхиматозной структуры. Рост таллома осуществляется за счет специальных зон (апикальный, базальный, интеркалярный), либо диффузный – у примитивных форм. По длительности онтогенеза известны эфемероиды, однолетники, двулетники и многолетники.

Вегетативное размножение редко, частями таллома или с помощью специальных образований (выводковые почки). Бесполое размножение зооспорами, очень редко тетраспорами и моноспорами. Половой процесс – изогамия, гетерогамия, оогамия. Зооспоры и гаметы образуются в специальных одnogнездных и многогнездных вместилищах. Гаплодиплофазный жизненный цикл с изоморфной или гетероморфной сменой поколений.

Почти исключительно морские организмы. В пресных водах встречается лишь небольшое число видов.



Разнообразие формы тела бурых водорослей

**IX. RHODOPHYTA** – Известно около 4000 видов. Эукариоты. Комплекс пигментов включает хлорофиллы *a* и *d*,  $\alpha$ - и  $\beta$ -каротин, 5 ксантофиллов (лютеин, неоксантин, криптоксантин и др.), фикобилины. Продукт ассимиляции – полисахарид флоридан; откладывается в цитоплазме, окрашивается йодом в виннокрасный цвет.

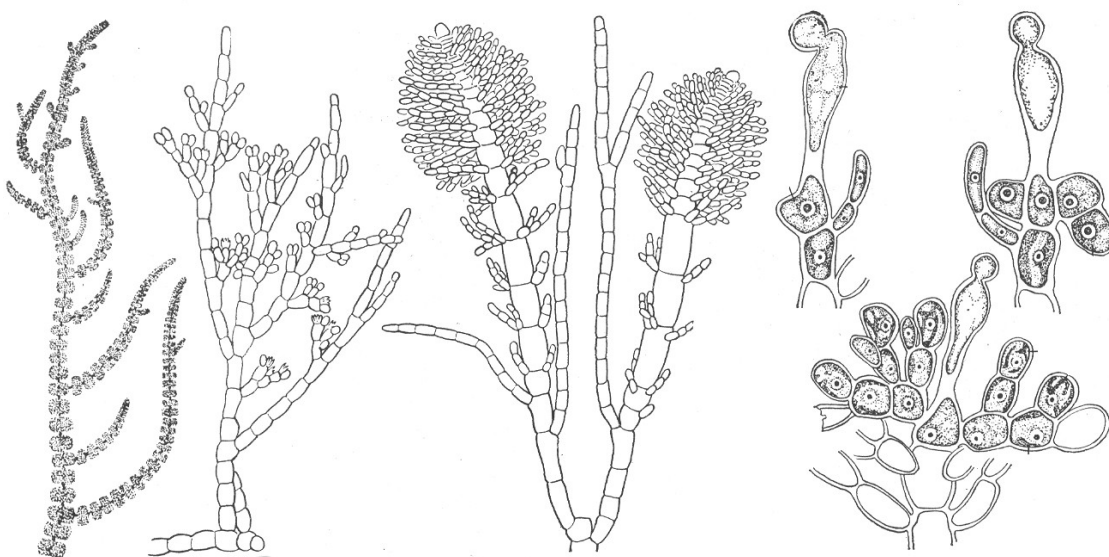
Клетки одно-, реже многоядерные. Клеточные оболочки целлюлозно-пектиновые, содержат фикоколлоиды (агар, агароид, каррагинин), нередко инкрустированы известью. Хлоропласты центральные или пристенные, разнообразной формы, многочисленные, Пиреноиды голые. Жгутиковые стадии отсутствуют.

Преимущественно многоклеточные, макроскопические формы нитчатой, разноритчатой, пластинчатой, паренхиматозной, ложнопаренхиматозной структур, а также микроскопические (одноклеточные и колониальные) формы амeboидной, коккоидной, пальмеллоидной структур.

Вегетативное размножение редко, у немногих видов. Бесполое размножение моно-, би-, тетра- или полиспорами. Половой процесс оогамия. Характерен сложный путь развития зиготы.

Жизненный цикл у большинства видов гаплодиплофазный, сопровождающийся сменой двух или трех поколений. У ряда видов наблюдается сокращение жизненного цикла путем редукции одной из форм развития.

Преимущественно морские прикрепленные формы. Пресноводные виды немногочисленны. Самые глубоководные водоросли (могут обитать на глубине 100-200 м). Известны аэрофитные формы. Сырье для получения фикоколлоидов (агар, агароид, каррагинин), используемых в медицине, микробиологии, парфюмерии, пищевой, текстильной промышленности.



Разнообразие формы тела красных водорослей

**X. EUGLENOPHYTA** – Известно около 1000 видов. Эукариоты (с уникальным типом митоза – эвгленомитозом, что послужило основанием для их определения рядом авторов как мезокариот). Комплекс пигментов включает хлорофиллы а и b,  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\epsilon$ -каротины, 4 ксантофилла (антераксантин, лютеин, неоксантин и др.). Часть видов синтезирует и накапливает внепластидный светозащитный пигмент атаксантин (красного цвета). Основной продукт ассимиляции – полисахарид парамилон; кроме того, в клетках накапливаются масла и жиры.

Клетки разнообразной формы, преобладают виды с веретеновидными клетками. Клеточный покров пелликула; известны формы с домиками. Хлоропласт разнообразной формы, от 1-2 до многих в клетке. Есть бесцветные формы. Пиреноиды есть или отсутствуют. Жгутиков 1-2, различны по длине и опушению, гетеродинамичны. Есть безжгутиковые формы. Стилгия на переднем конце клетки, вне хлоропласта. Система выделения включает полость на переднем конце (глотка) с выводным отверстием. В расширенную часть выводного отверстия (резервуар) поступает содержимое многочисленных мелких сократительных вакуолей. В старых клетках имеется одна крупная центральная вакуоль.

В морфологическом отношении эвгленовые – микроскопические одноклеточные монадные формы; у ряда видов известны неподвижные стадии.

Размножение вегетативное, делением клетки. Половой процесс достоверно неизвестен.

Преимущественно пресноводные формы, предпочитают мелкие стоячие эвтрофные водоемы. Типично планктонные формы; часть видов могут обитать на дне. Способны выдерживать высокий уровень загрязнения, предпочитают органические вещества естественного происхождения. При поступлении в водоем загрязнений искусственного происхождения (стирол, полистирол, детергенты, гербициды, пестициды и т.п.) эвгленовые водоросли снижают численность и полностью исчезают из состава альгофлоры.



Разнообразие формы тела эвгленовых водорослей



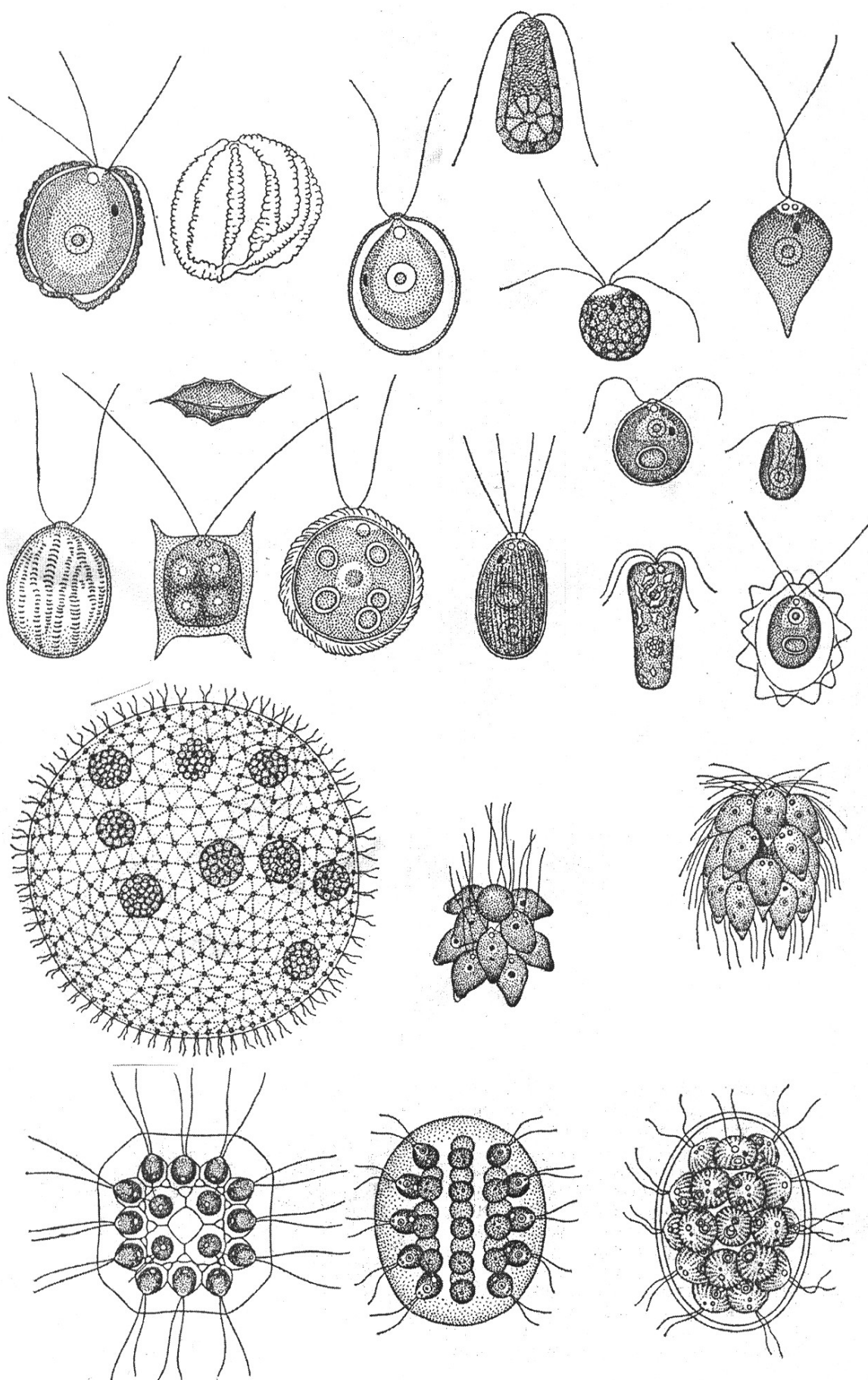
**XI. CHLOROPHYTA** – Известно около 20000 видов. Эукариоты (рядом авторов в отдел включаются также виды с про- и мезокариотическим уровнем организации ядерного аппарата на основании сходства пигментного состава и других признаков). Комплекс пигментов включает хлорофиллы *a* и *b*, каротины ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\epsilon$ -), 10 ксантофиллов (лютеин, неоксантин, виолаксантин, зеаксантин и др.). Продукт ассимиляции крахмал.

Клеточные покровы – плазмалемма, перипласт, оболочка (целлюлозно-пектиновая). Известны формы с домиками и двустворчатой оболочкой. Характерно большое разнообразие внутреннего и внешнего строения клетки и внутриклеточных органелл. Типично изоконтные формы – у подвижных клеток равные по длине и строению жгутики.

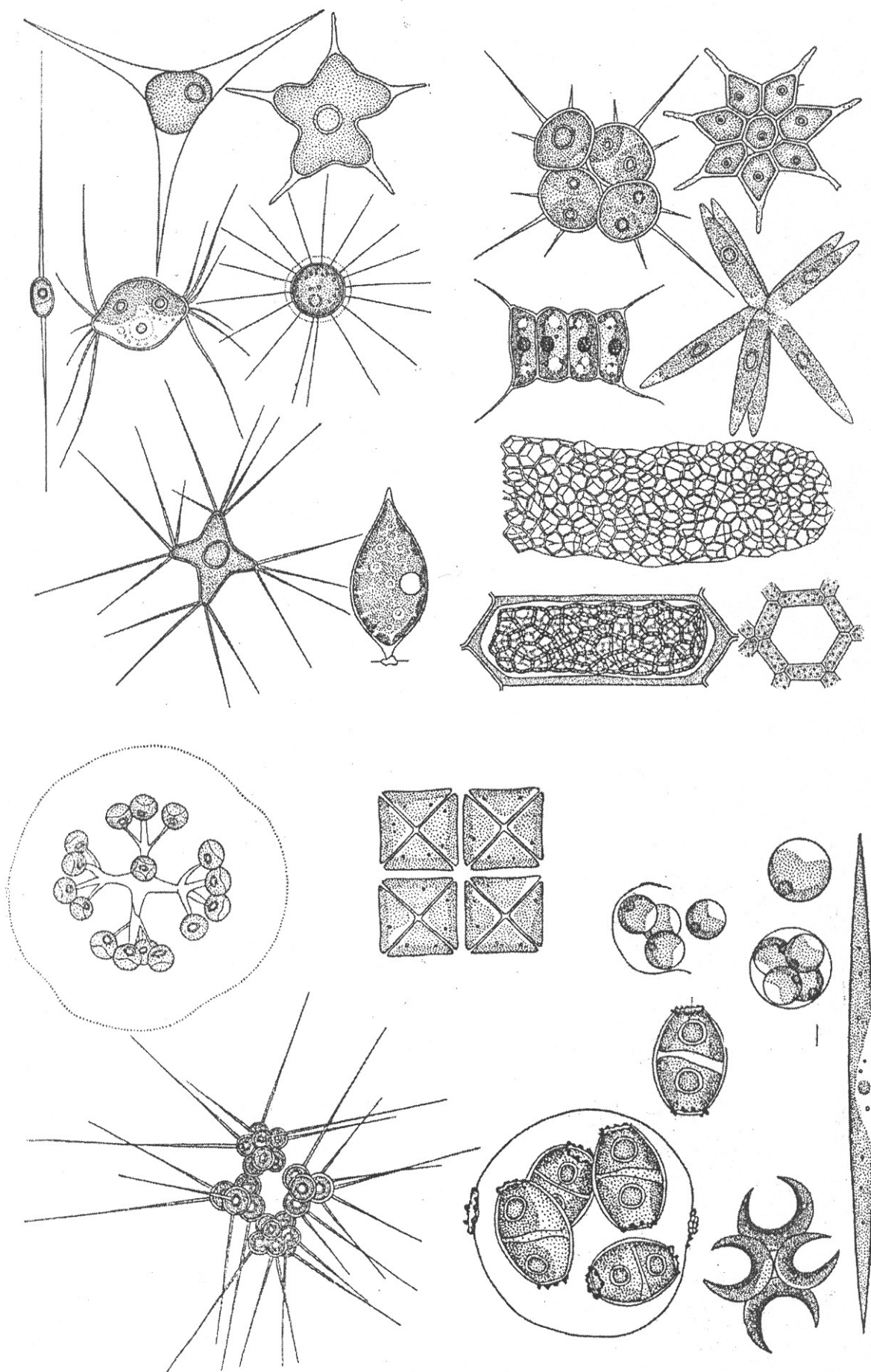
Известны микро- и макроскопические одноклеточные, колониальные, ценобиальные, многоклеточные и неклеточные формы амебоидной, монадной, коккоидной, пальмеллоидной, нитчатой, разнонитчатой, пластинчатой, паренхиматозной и сифональной структур.

Размножение вегетативное, бесполое, половое. Разнообразные типы жизненных циклов: гаплофазный, диплофазный, гаплодиплофазный с изоморфным и гетероморфным чередованием поколений.

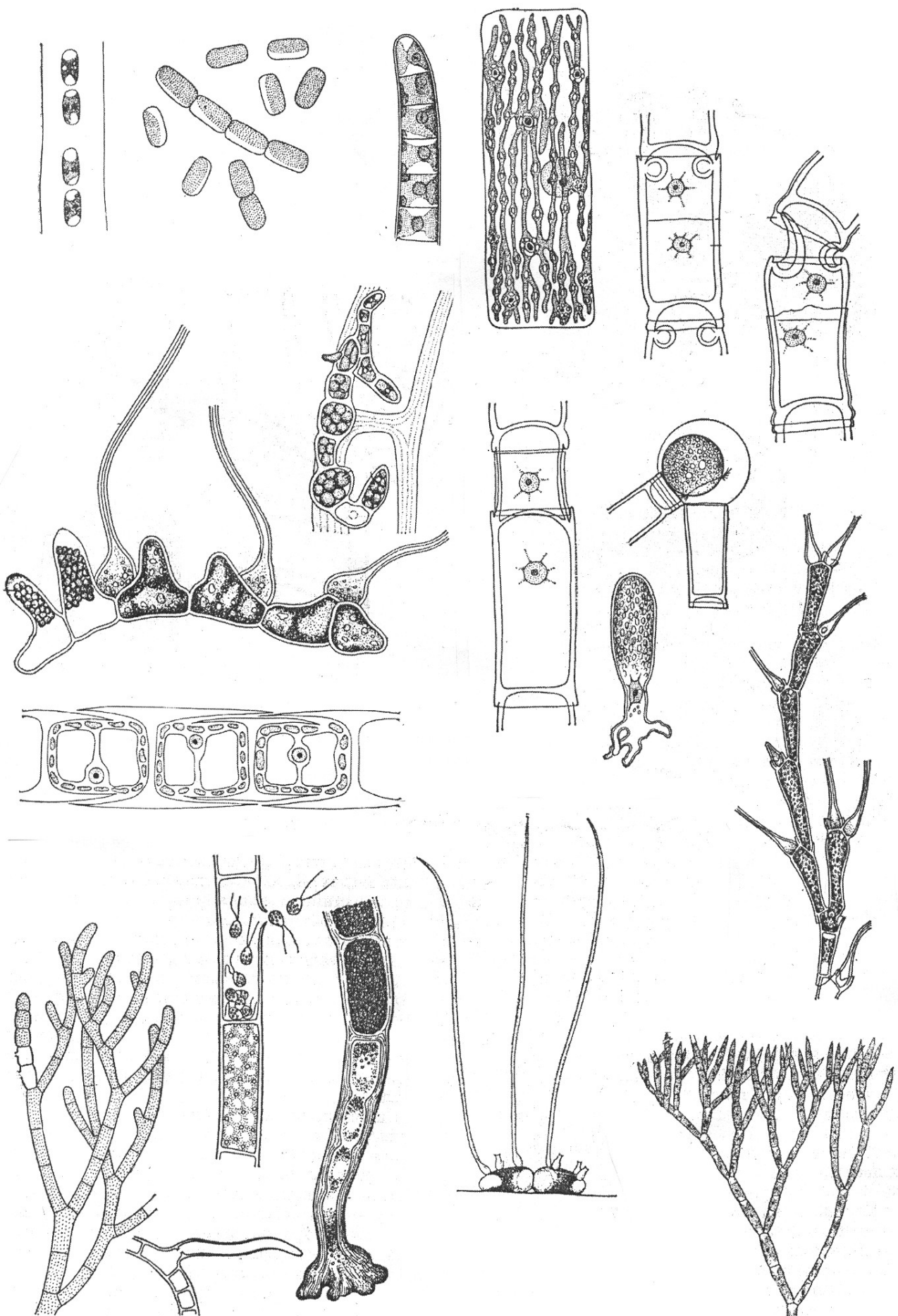
Повсеместно. Широко распространены во всех водных и вневодных ценозах. Наряду с диатомовыми являются доминирующей группой водорослей в водоемах. Есть индикаторные формы. Активные агенты процессов очистки и доочистки загрязненных и сточных вод. Объекты биотехнологии.



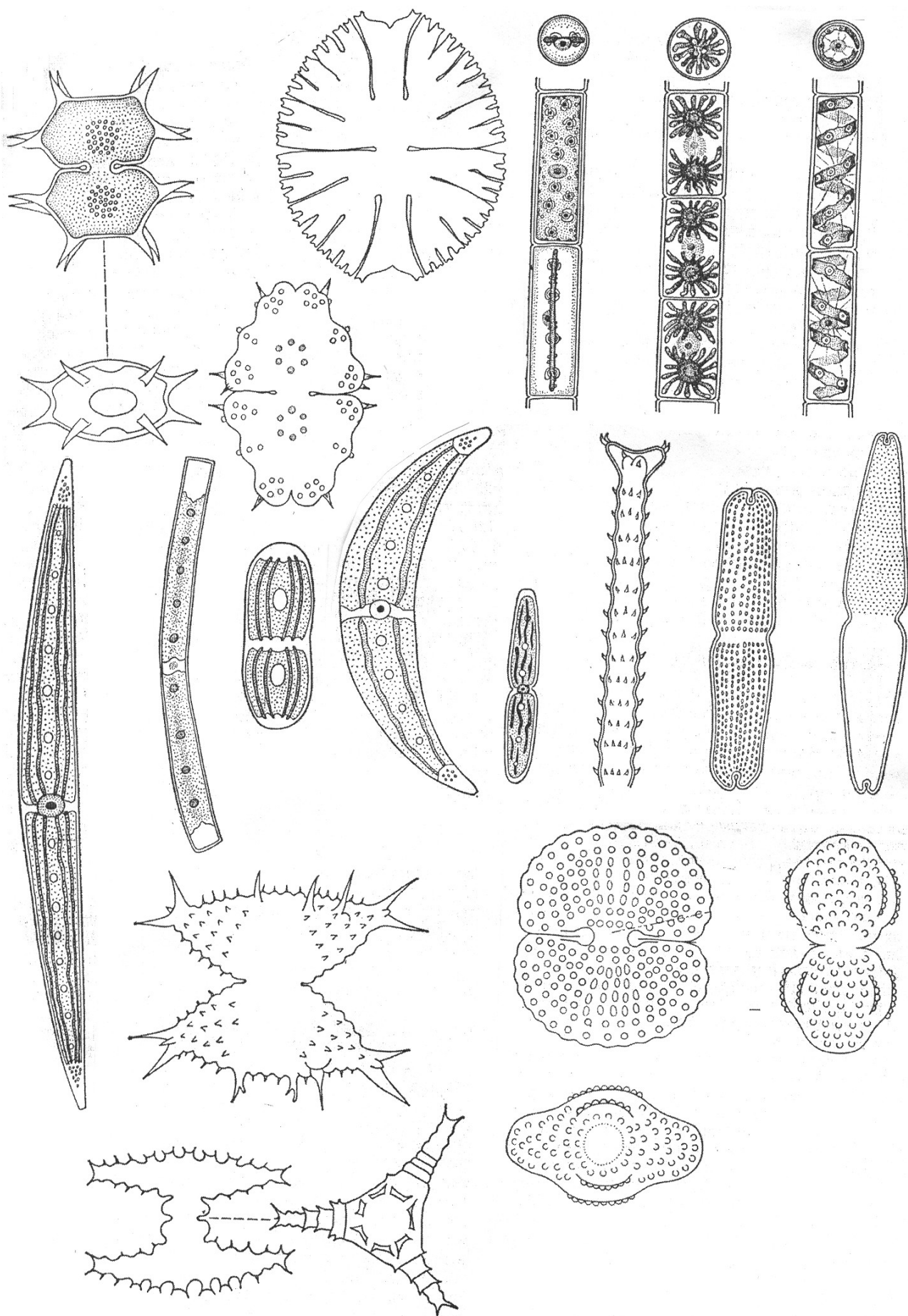
Разнообразие формы тела зеленых водорослей: вольвоксовые



Разнообразие формы тела зеленых водорослей: хлорококковые



Разнообразие формы тела зеленых водорослей: улотриксовые



Разнообразие формы тела зеленых водорослей: зигнемовые и десмидиевые

**XII. CHAROPHYTA** – Известно около 300 видов. Эукариоты. Комплекс пигментов включает хлорофиллы *a* и *b*, каротины ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\epsilon$ -), 10 ксантофиллов (лютеин, неоксантин, виолаксантин, зеаксантин и др.). Продукт ассимиляции крахмал.

Клетки покрыты оболочкой, в составе которой помимо целлюлозы обнаружена каллоза. Характерна инкрустация оболочки известью ( $\text{CaCO}_3$ ). Хлоропласты многочисленные, мелкие, дисковидные. Ядро одно или много (до 2000, в крупных вакуолизированных клетках междоузлий).

Таллом макроскопический, состоит из зеленого, поднимающегося над субстратом, обильно разветвленного кустика, с верхушечным ростом, имеющего членисто-мутовчатое строение, и многочисленных тонких бесцветных ветвящихся ризоидов, с помощью которых растение прикрепляется к субстрату. В кустистой части слоевища различают главную ось (условно называемую стеблем) с неограниченным ростом, состоящую из узлов и междоузлий, и отходящие от узлов короткие, равновеликие боковые веточки (условно называемые листьями) с ограниченным ростом и членистым строением.

Вегетативное размножение – укоренением боковых ветвей таллома с их последующим отчленением от материнского растения, а также с помощью клубеньков, образующихся на ризоидах или на погруженных в грунт нижних частях стебля. Половой процесс – оогамия. Мужские и женские половые органы многоклеточные, развиваются на листовых узлах. Растения однодомные или двудомные. Гаплофазный жизненный цикл.

Распространены в пресных, главным образом стоячих водоемах разного типа, а также в опресненных морских заливах, лиманах и континентальных солоноватых водоемах. В большинстве случаев образуют обширные заросли на мягких илистых или песчаных грунтах, на глубине 1-5 м, иногда до глубины 30-40 м.





## Грибы – Fungi (Mycetes)

Миксомицеты, или слизевики - небольшой отдел низших растений, объединяющий около 500 видов (60 родов). Вегетативное тело миксомицетов представлено в виде плазмодия -голой многоядерной плазменной массы. В составе плазмодия около 75 % воды, а из остальной части около 30 % белков, а также гранулы запасного вещества - гликогена и пульсирующие вакуоли. Некоторые миксомицеты характеризуются наличием большого количества извести (до 28 %); у большинства в плазмодии, кроме того, находятся пигменты, придающие им различную окраску: желтую, розовую, красную, фиолетовую, почти черную. Окраска плазмодия постоянна для данного вида и на ее интенсивность влияют: величина pH, освещение, температура, концентрация питательных веществ и другие факторы окружающей среды. Кроме окраски, плазмодии разных видов отличаются формой, размерами (от нескольких миллиметров до 1 м диаметре).

Для миксомицетов характерна реакция на раздражение в форме таксисов. В вегетативном состоянии плазмодий обладает положительным гидротаксисом и отрицательным фототаксисом, т.е. перемещается в затененные увлажненные места, находясь в глубине гнилых пней, под опавшей корой или опавшими листьями, в трещинах и щелях замшелых колод. Кроме того, плазмодий обладает положительным трофотаксисом, т.е. перемещается в направлении источников питания.

Поступательное движение плазмодия происходит вследствие однонаправленного движения протоплазмы, ее перетекания к краю, где образуется много анастомозирующих тяжей, часто сливающихся в сплошную массу. Движущаяся протоплазма образует тупые лопасти (псевдоподии), которые затем вытягиваются, ветвятся, образуя новый участок сети. Система тяжей в протоплазме разнообразна и лабильна. С противоположного конца тяжи протоплазмы втягиваются и образуют видимый след на субстрате.

Механизм движения плазмодия еще сравнительно мало изучен. Установлено, что движение связано с изменением вязкости специального белка - миксомиозина - при взаимодействии с АТФ. АТФ (аденозинтрифосфат) используется во всех реакциях обмена любой клетки живого организма, требующих затраты энергии. По-видимому, реакция этих двух веществ протекает так же, как реакция АТФ с актомиозином в мышцах животных и человека.

При неблагоприятных условиях (большая сухость субстрата, низкие температуры, отсутствие пищи и т.п.) плазмодий превращается в утолщенную твердеющую массу - склероций. Такие склероции могут длительно сохранять жизнеспособность и опять превращаться в плазмодий.

При переходе к спороношению таксисы меняются на противоположные и плазмодий перемещается на сухие освещенные места, (именно здесь, на пнях или просто на земле и можно их увидеть). Самое простое спороношение представляет собой нечто вроде подушечки или лепешки. При его формировании плазмодий, не меняя формы, одевается перепончатой или хрящеватой оболочкой. Более сложные спороношения представляют собой отдельные или скупенные плодовые тела, у одних слизевиков - на ножках, а у других -



сидячие. У некоторых слизевиков вначале закладываются отдельные спороношения, но на ранних стадиях развития они сливаются вместе и одеваются общей оболочкой. Такие образования называются эталиями.

Перидий зрелого спороношения вскрывается и споры свободно рассеиваются. У большинства миксомицетов этому способствует наличие в спороношении особых нитей - капиллиция. У большинства они упруго свернуты внутри спороношения, а при вскрытии его выпрямляются, как пружина, меняют положение при изменении влажности воздуха (гигроскопические движения) и таким образом разрыхляют споровую массу, способствуя рассеиванию спор.

Споры представляют более или менее округлые клетки, имеющие твердую, гладкую или с выступами оболочку, обычно одноядерные, содержат много гликогена. Оболочка спор отдельных видов двухслойная: наружная преимущественно из целлюлозы, внутренняя - из хитина. В сухом виде споры сохраняются продолжительное время, не теряя жизнеспособности.

При благоприятных условиях споры прорастают. Если спора прорастает в воде или в питательном растворе, то из пор, имеющих в оболочке или при ее разрыве, выходят 1, 2, иногда 4 или 8 зооспор с двумя жгутиками на переднем суженном конце. (Миксомицеты - гетероконтные формы; один из жгутиков очень короткий, часто согнут и появляется не сразу). При прорастании споры просто на влажной поверхности, в отсутствие капельно-жидкой воды, жгутики не вырабатываются и из споры выходят маленькие амебы, так называемые миксамебы. Количество зооспор и миксамеб в среде может увеличиваться, так как они размножаются продольным делением.

При достижении некоторой критической для данных условий концентрации зооспор или миксамеб они начинают вести себя как гаметы, т.е. попарно копулируют. Их ядра также сливаются и образуется диплоидная миксамеба.

Развитие нового плазмодия из диплоидных миксамеб может проходить двумя путями. В одном случае у большинства видов слизевиков диплоидное ядро миксамебы митотически делится. Немедленно после митоза в плазмодии начинается синтез ДНК, продолжающийся в течение 1-2 часов. Таким образом увеличивается масса ядерного вещества, ядра синхронно митотически делятся и формируется вегетативный многоядерный диплоидный плазмодий.

У ряда представителей сформировавшиеся диплоидные миксамебы сливаются, образуя так называемый псевдоплазмодий. В этом случае ядра сохраняют свою индивидуальность, т.е. имеет место явление гетерокариоза.

Образовавшийся плазмодий перемещается куда-нибудь в глубину пня или под листья, начинает перемещаться, питаться, расти до поры нового спороношения.

Все миксомицеты являются гетеротрофами. В подавляющем большинстве своем это сапрофиты, поселяющиеся на старой, гниющей древесине или других разлагающихся растительных остатках, на экскрементах травоядных животных. Меньшее число видов слизевиков - внутриклеточные паразиты растений (выделяются в отдельный таксон - Plasmodiophoromycota).

В настоящее время многие виды миксомицетов удается не только культивировать на искусственных питательных средах, но примерно 40 видов из них осуществляют в этих условиях весь цикл развития. Поэтому слизевики очень ценны как объекты для различного рода исследований: биохимических, биофизических, физиологических, цитологических, генетических.

Большинство слизевиков - космополиты, т.е. распространены повсеместно, и только некоторые приурочены к тропическим и субтропическим областям. С другой стороны, имеются виды, не встречающиеся за пределами умеренных зон. Немногие виды распространены в альпийских и субальпийских областях.

**Грибы** - обширная группа организмов, насчитывающая около 100 тысяч видов (хотя в литературе приводятся и другие цифры).

Место грибов в системе органического мира является предметом дискуссий. На протяжении всей истории изучения грибов высказывались различные взгляды на их систематическое положение: грибы - это животные, грибы - это растения, грибы - это третье самостоятельное царство. Помещение грибов среди животных аргументируется следующими особенностями их биологии: гетеротрофное питание, наличие хитина в клеточных оболочках, накопление в клетках гликогена в качестве запасного продукта, синтез мочевины как вторичного продукта обмена. Эта точка зрения была выдвинута достаточно давно, однако не получила широкого признания. Помещение грибов среди растений аргументируется теми же признаками, которые характерны для представителей растительной формы жизни (см. с. 10). Впервые понимание грибов как самостоятельного царства, равноправного с таковым растений и животных, было высказано в 1822 г. шведским ботаником Э.Фризом. В дальнейшем к этой точке зрения пришли различные ученые и сейчас она является общепризнанной среди микологов.

Клетка грибов состоит из оболочки, цитоплазмы с цитоплазматической мембраной, эндоплазматической сетью, митохондриями, рибосомами, включениями, вакуолями и ядра (или ядер).

Электронно-микроскопическое изучение показало, что ригидная клеточная оболочка грибов состоит из нескольких слоев - наружного, обычно аморфного или с неплотной укладкой молекул, и внутренних слоев. Последние представляют более или менее однотипный матрикс с уложенными в нем микрофибриллами полимерных субстратов. Толщина клеточной стенки около 0,2 мкм. Она содержит около 80-90 % полисахаридов, связанных с белками и липидами, полифосфаты, пигменты, меланины. Матричные (скелетные) структуры представлены хитином и целлюлозой. Наружный слой состоит из глюканов с различными типами связей. Состав клеточной оболочки грибов очень разнообразен. Например, целлюлозо-хитиновый комплекс преобладает в клеточных оболочках многих видов зигомицетов, целлюлозно-глюкановый - оомицетов, хитозан-хитиновый - у некоторых видов оомицетов, хитино-глюкановый - хитридиевых, сумчатых, базидиальных, дейтеромицетов, маннано-глюкановый - у дрожжей.

В составе оболочек грибов обнаружены также полимеры, содержащие глюкуроновые кислоты (до 20 %), гетерополимеры, содержащие маннозу, галактозу, глюкозу.

Основными компонентами клеточной оболочки грибов являются хитин, глюканы, белок и жиры. Эти полимеры составляют сложный комплекс, в котором молекулы хитина покрыты слоем молекул глюканов. Хитин и глюканы могут быть связаны мостиками.

Ломасомы - слой электронно-прозрачных структур - обнаружены почти у всех грибов между клеточной оболочкой и цитоплазматической мембраной. В них имеются везикулы электронно-плотных структур.

Цитоплазма грибной клетки представляет собой коллоидную жидкую среду, в которой содержатся структурные белки, клеточные органеллы и не связанные с ними ферменты, аминокислоты, углеводы, липиды и другие вещества.

Вакуоли - структуры округлой, реже - неправильной формы, которые выполняют функции депо для отложения запасных веществ или же токсических продуктов метаболизма. В качестве резервных веществ здесь запасаются в основном полифосфаты (метахроматин, волютин), гликоген, липиды. В цитоплазме находятся лизосомы - тельца, окруженные однослойной мембраной и служащие для накопления протеаз и некоторых токсических продуктов метаболизма клетки. Они отделяются от пузырьков аппарата Гольджи, относящегося к мембранной системе грибной клетки.

Мембранная система представлена эндоплазматической сетью в виде разветвленных в цитоплазме и связанных между собой мембранных канальцев, цистерн и полостей, выполняющих функцию внутриклеточной и межклеточной транспортной сети для метаболитов. В ростовой зоне гиф грибов эндоплазматическая сеть образует многочисленные блюдцеподобные структуры или сетчатые пластинки - диктиосомы, совокупность которых составляет аппарат Гольджи.

Митохондрии - эллипсоидные структуры, постоянно меняющие свое положение в цитоплазме клеток, покрытые одно- или двухслойной мембраной, с внутренними выпячиваниями - кристами. Митохондрии содержат множество различных ферментов, а также ДНК и обеспечивают клетку энергией для осуществления всех протекающих в ней процессов.

Рибосомы являются структурами, в которых агрегируется рибонуклеиновая кислота, образующаяся в ядре и переходящая в цитоплазму. Они имеют вид маленьких округлых телец и принимают участие в синтезе белка.

Ядро округлой или удлинённой формы, окружено двойной мембраной, имеет ядрышко. В грибной клетке может быть 1, 2 или много ядер. Диаметр ядер различен и колеблется от 2-3 мкм до нескольких десятков микрометров. Некоторые примитивные черты организации ядерного аппарата у грибов позволили высказать предположение о том, что грибная клетка - наиболее примитивная и древняя из клеток всех ныне живущих эукариот. Более того, по ряду признаков, она является промежуточной между прокариотической и эукариотической, т.е. мезокариотической. Специфическими особенностями ядер грибов являются очень небольшой размер генома (малое количество ДНК на ядро) и слабое его

варьирование у разных представителей грибов. Ядро грибов почти всегда лишено конденсированного хроматина. Примитивным признаком ядер грибов является их поведение при делении - сохранение ядерной оболочки (закрытые митоз и мейоз), деление ядра перетяжкой, сохранение ядрышка при митозе, частое отсутствие метафазной пластинки хромосом или вообще отсутствие конденсации хромосом при делении ядра, небольшое число микротрубочек в веретене. Примитивным признаком следует, вероятно, считать и чрезвычайно широкое варьирование ультраструктурных изменений ядер грибной клетки в ходе их деления у разных таксонов, подтверждение того, что у грибов наблюдалось эволюционное экспериментирование при "отработке" этого процесса.

Особенностью ядер грибов является также их способность к миграции. При движении цитоплазмы в гифах грибов ядра мигрируют перед образованием новой клетки из прорастающей конидии в предделяющуюся часть ростовой трубки. Ядра могут мигрировать из главной гифы в ее боковые ответвления, из конидиеносцев - в конидии. В несептированных гифах ядра могут мигрировать к растущему или противоположному концу, в септированных гифах - из одной клетки в другую. При анастомозах гиф и конидий ядра также могут мигрировать из одной клетки в другую. При этом некоторые ядра могут мигрировать до деления, другие - после деления. Однако не все ядра этих же клеток мигрируют, они могут располагаться у клеточных стенок или перегородок. При миграции ядер из одной клетки грибов в другую создаются неодинаковые условия для их взаимосвязей с цитоплазмой для процессов метаболизма. Это, в свою очередь, является одной из причин проявления значительной изменчивости грибов.

Все многообразие грибов - это многообразие, прежде всего, тех структур, на которых образуются споры, служащие для размножения и распространения. В процессе эволюции грибов именно эти структуры претерпели наибольшие изменения, связанные с увеличением количества образуемых спор и совершенствованием способов их распространения. Что же касается вегетативного тела грибов, выполняющего функции питания, распространения по субстрату и дыхания, то у большинства грибов это мицелий (грибница), состоящий из многочисленных тонких ветвящихся нитей - гиф. По внешнему виду мицелий часто сходен даже у далеких по происхождению грибов, в отличие от разнообразных органов спороношения, образующихся на нем. Гифы обычно очень тонкие и не превышают по толщине 5-6, реже - 10 мкм. Окраска их от белой, желтоватой до темной-оливково-бурой или черной. Иногда встречаются грибы с яркоокрашенным мицелием - розовым, желтым, красным.

Мицелий грибов значительно труднее обнаружить в природе, чем их спороношения и особенно плодовые тела, потому что он обычно большей своей частью или весь погружен в субстрат (так называемый субстратный мицелий). Он пронизывает почву, подстилку, древесину или проникает в ткань растения-хозяина и т.п., где всей своей поверхностью или при помощи специальных структур поглощает питательные вещества. Споры же, за немногим исключением, образуются на поверхности субстрата - на воздушном мицелии или специальных структурах.

Мицелий грибов обычно развивается из споры. Прорастая, спора образует ростковую трубку, которая вначале удлиняется, а затем начинает ветвиться. Рост у мицелия всегда верхушечный, а ветвление - боковое, разрастается он радиально по всем направлениям. Скорость роста мицелия у разных грибов различна: от 2-3 см в день (в условиях культуры) до 10-20, реже 30-50 см в год (в природных условиях).

Продолжительность жизни мицелия у разных грибов также различна: у одних он недолговечен и после образования спор отмирает, а у других - может существовать много лет. У трутовиков мицелий может жить в древесине в течение нескольких лет, у многих обычных шляпочных грибов мицелий многолетний. Его возраст может достигать 10-25 лет, хотя в некоторых местах были обнаружены грибницы возраста до 500 и более лет.

У наиболее примитивных низших грибов гифальное строение вегетативного тела отсутствует, таллом одноклеточный, представленный в ряде случаев голым амебоидом; плазмодием или ризомицелием, характеризующимся зачаточными гифами. У ряда видов низших грибов известен также неклеточный мицелий. Такой мицелий представляет собой как бы одну гигантскую клетку с большим числом ядер. Иногда в нем образуются перегородки, отделяющие поврежденные его участки и органы размножения.

У более высокоорганизованных грибов, которые часто называют высшими, мицелий имеет характерное строение - разделен перегородками на отдельные клетки, так называемый клеточный мицелий. Перегородка (септа) у этих грибов развивается от стенки гифы к ее центру (центрипетально), напоминая закрывающуюся ирисовую диафрагму у фотоаппарата, а в центре ее всегда остается отверстие - пора. Это очень важно для функционирования мицелия, так как поры обеспечивают перемещение в клеточном мицелии веществ и даже клеточных органелл.

Для высших грибов характерно несколько типов септ. Аскомицетный тип септ - пластинка с центральной порой, через которую и осуществляется миграция клеточных органелл, в первую очередь - ядер. Иное строение септ у большинства базидиомицетов, для которых характерен долипоровый тип, имеющий более сложное строение, чем аскомицетный. Начало развития долипоровой септы такое же, как и у аскомицетной: ее рост начинается из внутренних слоев клеточной стенки и тоже направлен внутрь гифы. Однако далее концы отростков в центре гифы расширяются, превращаются в кувшинообразные септальные вздутия, которые, не смыкаясь, образуют пору. Эти вздутия окружены мембраной - парентосомой, которая тесно связана с эндоплазматической сетью.

У некоторых грибов, например дрожжей, вегетативное тело представлено одиночными почкующимися или делящимися клетками. Образование дрожжеподобной фазы наблюдается иногда и у грибов, имеющих мицелий. Такой диморфизм - способность к гифальному или дрожжеподобному росту - наблюдается в определенных условиях, при росте в жидкой среде с высоким содержанием сахаристых веществ.

Преимущества мицелия несомненны: он способен распространяться на большие расстояния и захватывать большие участки субстрата, особенно у грибов с большой скоростью роста или с многолетним мицелием. Имея максимально возможную поверхность

по отношению к объему, он представляет оптимальную структуру для осмотротрофных организмов. Мицелий, кроме того, дает большие возможности для дифференциации тела грибов, что особенно важно в наземных условиях существования, где они подвергаются многочисленным неблагоприятным воздействиям внешней среды - сильной инсоляции, влиянию сухого воздуха и т.п. Мицелий дает грибам необыкновенно широкие морфогенетические (формообразовательные) возможности. На его основе у грибов возникают многочисленные приспособления, связанные с условиями их обитания и образом жизни. Все структуры образуются у грибов только из мицелия, так как настоящие ткани, образующиеся в результате деления клеток в трех взаимно перпендикулярных направлениях, встречаются у грибов крайне редко (лабульбениевые), а их функции выполняют так называемые ложные ткани, или плектенхимы, представляющие собой переплетения гиф.

У грибов наблюдается дифференцировка гиф мицелия. Некоторые гифы в результате приспособления к выполнению определенных функций изменяют свой внешний вид. У ряда мушкетерных грибов имеются воздушные дугообразные гифы - так называемые столоны, с помощью которых гриб быстро распространяется. Столоны прикрепляются к субстрату ризоидами - пучком коротких разветвлений гиф, напоминающих по внешнему виду корни. У грибов-паразитов развиваются особые ответвления - гаустории, выполняющие функцию питания. Они состоят из узкой части, пронизывающей оболочку клетки, и расширенной части, расположенной в полости клетки. Аналогами гаусторий грибов-паразитов можно считать арбускулы грибов-микоризообразователей. Арбускулы представляют собой многократно дихотомически разветвленные гифы, проникающие в паренхимные клетки корня.

При обильном ветвлении гифы мицелия могут расти по направлению друг к другу и в местах соприкосновения нередко происходит слияние их с образованием мостиков, которые называются анастомозами. Анастомозы играют важную роль в обмене веществ, в размножении грибов и служат для скрепления гиф мицелия.

Видоизменения мицелия, которые чаще всего встречаются у макромицетов - мицелиальные тяжи и ризоморфы. Их функции - распространение грибов и транспортировка питательных веществ и воды. Мицелиальные тяжи представляет собой пучки гиф, имеющие толщину от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Как и одиночные гифы, мицелиальные тяжи пронизывают субстрат и могут достигать в длину нескольких метров. Они образуются у многих шляпочных грибов и хорошо видны как беловатые или окрашенные нити у основания сорванных плодовых тел. Хорошо развитые и дифференцированные мицелиальные тяжи получили название ризоморф. Это большей частью темноокрашенные шнуры; гифы их наружных слоев имеют утолщенные темноокрашенные стенки и выполняют защитные функции, а внутренние проводящие гифы - тонкостенные и светлоокрашенные.

У настоящего домового гриба, кроме мицелиальных тяжей, образуются также ватообразные скопления мицелия и мицелиальные пленки. Они очень быстро распространяются по деревянным конструкциям зданий, а также могут преодолевать

препятствия, например участки каменных стен.

Склероции - это плотные переплетения мицелия, служащие для перенесения неблагоприятных условий. Клетки склероциев богаты запасными питательными веществами - гликогеном и жирами. Часто склероции дифференцированы на кору - наружный слой клеток, обычно толстостенных и темноокрашенных, и внутреннюю часть из тонкостенных светлоокрашенных клеток.

Грибы, объединяемые в группу хищных, характеризуются различными ловчими приспособлениями для поиска, ловли и использования в качестве пищи микроскопических животных: нематод, коловраток, простейших. Жертву хищные грибы захватывают при помощи ловушек, чаще всего клейких сетей, состоящих из большого числа колец. Такие сети образуются в результате обильного ветвления гиф, веточки которых загибаются и соединяются (анастомозируют) с соседними веточками или родительской гифой, образуя сложную трехмерную сеть. Поверхность сети покрыта клейким веществом, близким, по-видимому, к смолам и гутто. Прикоснувшись к сети, нематода прилипает к ней, а пытаясь освободиться, активно движется, извивается, и еще больше прилипает. Через некоторое время она перестает двигаться, а из сети развивается гифа, проникающая в ее тело, и разрастается там. Содержимое тела нематоды используется хищным грибом очень быстро - в течение суток.

Еще одним метаморфозом мицелия, связанным с выполнением функции размножения, являются плодовые тела. Состоят они из плектенхимы и характеризуются большим разнообразием: по консистенции, форме, длительности существования. При неблагоприятных условиях плодовые тела могут не образовываться, хотя мицелий сохраняет жизнеспособность. Обычно плодовые тела образуются один раз в год, но иногда это может происходить несколькими волнами в течение лета и осени.

Часто один и тот же гриб образует в цикле своего развития не одно, а несколько спороношений, они чередуются, следуя одно за другим, и каждый раз гриб меняет форму. У некоторых грибов и вегетативное тело может видоизменяться на протяжении жизни, переходя в зависимости от условий внешней среды от мицелиального роста к дрожжеподобному и наоборот. Такие изменения формы грибов в течение жизни получили название полиморфизма. Полиморфизм, связанный со сменой дрожжевой и мицелиальной форм роста в ходе вегетативного развития гриба, обычно называют диморфизмом, а связанный со сменой разных типов спороношения, - плеоморфизмом. Все многочисленные проявления полиморфизма у грибов - это приспособления, позволяющие грибам существовать и эффективно размножаться в постоянно меняющихся условиях среды.

Подвижные клетки грибов - зооспоры и гаметы - снабжены жгутиками. Строение их типично для эукариот, по схеме "9+2". Жгутики делят на наружный (экстрацеллюлярный), и внутренний (интрацеллюлярный) отрезки. Наружный отрезок одет жгутиковой мембраной, которая является непосредственным продолжением цитоплазматической мембраны и состоит из трех частей: кончика, главного стержня и переходной зоны. Внутренний отрезок охватывает основание жгутика. Под мембраной находится матрикс - образованное белками

основное вещество жгутика. Весь жгутиковый аппарат пронизан пучком фибрилл - аксонемой. Жгутики грибов бывают двух типов - бичевидные гладкие и перистые.

Размножение грибов может осуществляться вегетативным, бесполом и половым путем. Любой элемент, который может дать начало новому мицелию, часто называют диаспорой или пропагулой.

При вегетативном размножении в наиболее простом случае грибы размножаются отдельными фрагментами грибницы или отдельными клетками гифы, способными образовывать новые клетки, т.е. давать начало новому мицелию. Наряду с этим, вегетативное размножение может происходить путем почкования растущей гифы на отдельные клетки, почки могут образовываться на протяжении всей гифы или только на верхушечных гифах. Образующиеся таким образом клетки называются оидиями, они свойственны различным грибам - эндомицетовым, некоторым плектасковым, многим гименомицетам. Для целого ряда грибов характерно вегетативное размножение путем распада мицелия на отдельные клетки - артроспоры. Хламидоспоры, также являющиеся структурами, посредством которых осуществляется вегетативное размножение, по происхождению тождественны артроспорам, но отличаются от них темноокрашенными утолщенными оболочками. Помимо функции размножения, хламидоспоры часто выполняют функцию перенесения неблагоприятных условий. У форм с многоядерным некапсульным мицелием (например, сапролегниевых) вегетативное размножение осуществляется геммами. При их образовании мицелий распадается на отдельные участки, покрываемые толстой оболочкой.

Вегетативным путем могут размножаться также более сложные структуры, представляющие видоизменения гифального роста и отличающиеся значительной степенью дифференциации гиф, - мицелиальные тяжи и ризоформы, склероции.

Бесполое размножение грибов осуществляется при помощи спор.

Споры грибов классифицируются по подвижности и способу образования. Подвижные - зооспоры - характерны для первичноводных грибов. Как и у водорослей, зооспоры грибов - это голые клетки, лишенные жесткой оболочки. Для зооспор грибов характерно наличие 1-2 жгутиков. Образуются зооспоры грибов эндогенно, в зооспорангиях. Неподвижные споры эндогенного происхождения получили название спорангиоспоры, образуются они в спорангиях, формирующихся на специализированных гифах - спорангиеносцах. Характерны спорангиоспоры для зигомицетов и, в частности, для мукоровых грибов. Спорангиоспоры, как и зооспоры, служат для расселения грибов, они содержат мало питательных веществ и не способны сохранять жизнеспособность в течение длительного времени. Кроме того, для образования большого спорангия с многочисленными спорангиоспорами необходимо много времени и строительного материала, поэтому у большинства грибов получило распространение бесполое размножение при помощи конидий.

Конидии образуются экзогенно на мицелии или на специализированных гифах - конидиеносцах. Образование конидий начинается с разрастания кончика конидиеносца, в результате чего образуется небольшое вздутие. Затем вздутие отделяется от конидиеносца



поперечной перегородкой, образуемой путем впячивания цитоплазмы. Отделенная поперечной перегородкой, конидия увеличивается в размерах, ее оболочка утолщается обычно в результате образования внутренних слоев, но связана еще некоторое время с конидиеносцем через центральное цитоплазматическое образование. При образовании одиночных конидий на этом процесс заканчивается, но у большинства грибов образуется много конидий.

Различают два способа образования конидий в цепочках: акропетальный и базипетальный. При акропетальном способе первая конидия, отделенная от конидиеносца поперечной перегородкой, образует на вершине или сбоку вырост типа почки. Из почки образуется вторая конидия, на вершине которой образуется третья, и т.д. При этом способе наиболее старой является нижняя конидия, наиболее молодая - верхняя. При базипетальном способе, наоборот, образовавшаяся конидия не отпадает и под ней конидиеносцем образуется вторая, под второй - третья и т.д., т.е. самая молодая конидия - нижняя, самая старая - верхняя. Часто конидии при помощи цитоплазматических тяжиков, проходящих через поры, связаны в цепочки.

Цепочки конидий бывают компактные, собранные в колонку, не распадающиеся, или рыхлые и легко распадающиеся на отдельные конидии.

Конидиеносцы образуются на мицелии одиночно, как его ответвления, или собраны в большие группы, развивающиеся на плектенхимных образованиях мицелия и формирующие специализированные образования - коремии, спородохии, ложа, пикниды.

Коремии - это пучок тесно сплетенных, частично склеенных слизью, простых или слабо разветвленных конидиеносцев, каждый из которых на вершукке образует конидии.

Спородохии - скопление коротких конидиеносцев, часто разветвленных. Они возникают одновременно на плектенхимных переплетениях гиф мицелия (плоских или выпуклых). Если такие скопления конидиеносцев расположены на вогнутых сплетениях - то говорят о ложах.

Пикниды - специальные, обычно шаровидные или грушевидные вместилища, имеющие на вершине отверстие, через которое освобождаются конидии. Оболочка пикнид представляет плектенхимное сплетение гиф. Внутри пикнид развиваются короткие простые или разветвленные конидиеносцы. Пикниды обеспечивают не только массовую продукцию конидий, но и защищают развивающиеся конидиеносцы и конидии от неблагоприятных воздействий внешней среды.

Освобождение конидий происходит, как правило, пассивно, хотя у некоторых грибов наблюдается активное их отбрасывание. У конидий возникли и многочисленные адаптации, облегчающие их распространение. Некоторые конидии имеют сухую, плохо смачиваемую поверхность и легко переносятся токами воздуха, другие - погружены в слизь и переносятся водой или насекомыми. У вторичноводных грибов конидии часто, имеют причудливую форму, которая обеспечивает длительное парение их в толще воды. При этом конидии переносятся токами воды на большие расстояния.

Половой процесс у грибов весьма разнообразен. В целом для отдела известны

следующие типы полового процесса: мерогамия, хологамия, изогамия, гетерогамия, оогамия, зигогамия, гаметангиогамия, соматогамия и парасексуальный процесс.

Первые шесть типов полового процесса известны для низших грибов, в том числе первые пять - для представителей класса хитридиомицетов. Мерогамия характерна для наиболее примитивных представителей хитридиевых грибов с вегетативным телом в виде плазмодия. Функцию гамет при этом выполняют одноядерные участки вегетативного плазмодия; отделяясь от вегетативного тела и совершая амeboидные движения, эти участки сливаются, образуя зиготу. Хологамия, изогамия, гетерогамия и оогамия у хитридиевых грибов в целом протекают по типичной схеме.

У многих оомицетов, помимо классической оогамии, половой процесс протекает с некоторыми отклонениями. При этом мужские гаметы, типичные при оогамном процессе, не формируются; функции мужских гамет выполняют антеридиальные ядра.

Для полового процесса высших грибов - аскомицеты и базидиомицеты - характерны некоторые особенности. У подавляющего большинства видов этих грибов половой процесс разделен на две фазы - плазмогамия и кариогамия, разделенных во времени и пространстве. Вначале происходит слияние (ассимиляция) двух разнокачественных плазм, ядра при этом не сливаются, а попарно сближаются, формируя дикарион. И только через некоторый промежуток времени (длительность которого весьма различна у разных представителей высших грибов) и в другом образовании происходит кариогамия - слияние ядер дикариона и формирование диплоидного ядра. В отличие от низших грибов, у высших диплоидное ядро сразу же претерпевает редукционное деление и развитие продолжается (без формирования зиготы, переходящей в состояние покоя).

У аскомицетов половой процесс протекает в форме гаметангиогамии. При этом на вегетативном гаплоидном мицелии закладываются гаметангии - женский архикарп, состоящий из двух морфологически дифференцированных частей: нижней вздутой - аскогона, и верхней, вытянутой - трихогины, и мужской - антеридий. При созревании ядер антеридий прикладывается к трихогине, оболочка между ними растворяется, и все содержимое антеридия через трихогину переливается в аскогон. Здесь происходит плазмогамия и формирование дикарионов. От аскогона начинают сразу же расти аскогенные гифы, куда переходят дикарионы; ядра дикарионов постоянно синхронно митотически делятся и таким образом в каждой клетке аскогенных гиф находится по дикариону. Завершение полового процесса - кариогамия - происходит в конечной клетке аскогенных гиф, в сумке. Сформировавшееся диплоидное ядро сразу же редукционно делится, затем следует митотическое деление, вокруг каждого из гаплоидных ядер обособляется цитоплазма, вырабатывается оболочка и процесс завершается формированием восьми сумкоспор - спор полового спороношения эндогенного происхождения. Однако у многих представителей аскомицетов отмечаются значительные отклонения от этого типичного способа полового процесса. Основные отклонения заключаются: в отсутствии гаметангиев, когда их роль выполняют вегетативные клетки; в отсутствии антеридия, когда ядра попарно сближаются в многоядерном аскогоне.

У базидиомицетов половой процесс происходит в форме соматогамии. При этом плазмогамия происходит между клетками вегетативных гаплоидных мицелиев путем возникновения анастомозов между ними. Сразу же после формирования дикарионов начинается развиваться дикариотический мицелий, являющийся у базидиальных грибов доминирующей стадией жизненного цикла. Кариогамия происходит в конечной клетке гифы такого мицелия, преобразующейся в базидию. Именно в базидии образуется диплоидное ядро, которое сразу же редукционно делится, а гаплоидные ядра участвуют в образовании базидиоспор - спор полового спороношения экзогенного происхождения.

У дейтеромицетов (несовершенных грибов) изменчивость обусловлена особым - парасексуальным процессом. Это весьма сложный процесс, который условно можно разделить на несколько этапов: миграция и множественный митоз гаплоидных ядер в пределах мицелия через систему пор и анастомозов; слияние гаплоидных ядер и образование диплоидных гетерозиготных ядер; размножение таких гетерозиготных ядер в гетерокариотическом мицелии вместе с гаплоидными и происходящая при этом митотическая рекомбинация диплоидных ядер; вегетативная гаплоидизация диплоидных ядер в результате утраты ими хромосом.

Характер смены ядерных фаз в цикле развития грибов может быть различен. У одних - гапобионтов - редукционное деление диплоидного ядра происходит при прорастании зиготы. У других - дипlobионтов - вся жизнь происходит в диплоидной фазе, а диплоидное ядро редукционно делится только перед образованием гамет. У немногих видов грибов гаплоидная и диплоидная фазы в цикле развития имеет одинаковую продолжительность. Редукционное деление диплоидного ядра происходят у них перед образованием спор бесполого размножения. В цикле развития таких грибов наблюдается смена поколений, при этом известна как изоморфная, так и гетероморфная. У сумчатых и базидиальных грибов в цикле развития имеется дикариотическая фаза, неизвестная у других грибов.

Оомицеты включают около 600 видов. Вегетативное тело в виде хорошо развитого неклеточного мицелия, за исключением ряда примитивных форм с плазмодием. В оболочках гиф содержится целлюлоза, что является характерным признаком отдела. Бесполое размножение при помощи двужгутиковых зооспор, относящихся к гетероконтным формам: передний жгутик - перистый, направленный назад - гладкий. У ряда видов, характеризующихся наземным образом жизни, известны конидии. Половой процесс - оогамия. Для оомицетов характерна оогамия, при которой содержимое антеридия, не дифференцированное на гаметы, через оплодотворяющие отроги переливается в оогоний. Функцию мужских гамет при этом выполняют антеридиальные ядра. Яйцеклеток в оогоний формируется от одной до множества, Оплодотворенная яйцеклетка превращается в ооспору, которая обычно прорастает после периода покоя, хотя известны случаи, когда ооспора прорастает сразу после формирования.

В состав отдела входят 2 класса и 5 порядков. По биологическим и экологическим особенностям оомицеты являются одним, из наиболее гетерогенных классов. В пределах

группы на примерах разных представителей хорошо прослеживаются различные стадии перехода от водного к наземному образу жизни.

Хитридиомицеты включают около 500 видов с вегетативным телом в виде голого амeboида, многоядерного плазмодия, ризомицелия, реже, у наиболее высокоорганизованных представителей, в виде многоядерного неклеточного слабо ветвящегося мицелия. Бесполое размножение - при помощи зооспор с одним гладким бичевидным жгутиком, прикрепленным к заднему концу тела зооспоры. Зооспоры в больших количествах образуются в шаровидных или грушевидных зооспорангиях, из которых они выходят или через пору на конце выводковой трубки или через отверстие, открывающееся специальной крышечкой. У голокарпических форм вегетативное тело полностью превращается в спорангий, у эукарпических - спорангии образуются из части вегетативного тела, которая при этом отделяется перегородкой. Половое размножение в форме меро-, холо-, изо-, гетеро- и оогамии. Продукт полового процесса - покоящаяся спора (циста), покрытая утолщенной оболочкой. У ряда видов известно чередование поколений - изоморфное и гетероформное.

Зигомицеты включают 665 видов. Вегетативное тело в виде хорошо развитого неклеточного многоядерного мицелия. Перегородки появляются при формировании органов размножения, а также при старении мицелия. Бесполое размножение - спорангиоспорами, реже конидиями. Половой процесс - зигогамия. Копулирующие отростки зигомицетов имеют вид коротких боковых ответвлений вегетативных гиф, реже - спорангиеносцев. Морфологически они идентичны вегетативным гифам либо отличаются от них колбовидной или грушевидной формой. Копулирующие отростки в большинстве случаев одинакового размера, реже - несколько отличаются; большей частью они многоядерные, но иногда - одноядерные. При слиянии копулирующих отростков от них отделяются перегородкой многоядерные клетки, их содержимое сливается и образуется зигоспора. Она покрывается утолщенной скульптурированной темно-коричневой оболочкой. У паразитических форм (энтомофторовые) при половом процессе зигогамного типа происходит слияние гифенных тел. В состав отдела входят 2 класса и 6 порядков.

Аскомицеты (Сумчатые грибы) включают около 30 тысяч видов. Вегетативное тело представлено многоклеточным хорошо развитым мицелием. У некоторых низших аскомицетов (дрожжи) вегетативное тело в виде отдельных почкующихся или делящихся клеток, у некоторых высокоспециализированных представителей (лабульбениевые грибы) мицелий редуцирован, а вегетативное тело (рецептакул) состоит из настоящей ткани.

Мицелий аскомицетов развивает специальные вместилища - плодовые тела, в которых происходит развитие одноклеточных структур - сумок (асков), содержащих фиксированное число (обычно 8) аскоспор, образующихся в результате полового процесса. Известны следующие типы плодовых тел: клейстотеции - замкнутые плодовые тела, содержащие сумки округлой формы, расположенные обычно в беспорядке, парафизы отсутствуют; перитеции - полуоткрытые плодовые тела шаровидной или грушевидной формы с отверстием на вершине, содержащие обычно собранные в пучок эллиптические или булавовидные сумки, часто с парафизами; апотеции - открытые плодовые тела бокаловидной

или чашевидной формы, на верхней стороне которых располагается гимений - слой цилиндрических или булавовидных сумок и парафиз. Эти типы плодовых тел характерны для представителей группы плодосумчатых и образуются по аскогимениальному типу.

Для представителей класса полостносумчатых плодовые тела развиваются по асколокулярному типу; здесь известны такие типы плодовых тел: псевдотеции - плодовые тела, напоминающие перитеции, но отличающиеся тем, что у них рудиментарные клетки оболочки дегенерируют, в результате чего сохраняются только клетки дистальной части оболочки и аски с аскоспорами свободно плавают в полости этих структур; мириотеции - подушковидные плодовые тела с многочисленными, расположенными в беспорядке полостями (локулами); гистеротеции - удлинённые плодовые тела, открывающиеся при созревании щелью; тириотеции - щитовидные плодовые тела с радиальной структурой и отверстием в основании.

Плодовые тела сумчатых грибов могут быть одиночными, расположенными на мицелии или сгруппированными и погруженными в специальное сплетение вегетативных гиф - строму.

Сумка (аск) является у сумчатых грибов продуктом полового процесса. Выход аскоспор из сумок происходит разными способами в зависимости от строения сумок. Прототуникатные сумки с тонкой однослойной оболочкой освобождают аскоспору пассивно, в результате разрушения оболочки. Освобождение аскоспор из эутуникатных сумок, имеющих более плотные оболочки, происходит активно, часто с помощью особых структур, обеспечивающих раскрытие сумок на верхушке. Эутуникатные сумки бывают двух типов: унитуникатные и битуникатные. Первые - с более тонкой, нередко однослойной оболочкой, имеют специальный аппарат для раскрытия верхушек и активного распространения спор. В битуникатных сумках, характеризующихся двухслойной оболочкой, активное выбрасывание аскоспор происходит в результате разрушения наружного слоя под влиянием тургора, растягивающего внутренний слой.

Половой процесс у сумчатых грибов - гаметангиогамия. Форма полового процесса, тип и способ образования плодовых тел, а также тип сумок - основные признаки деления отдела на 6 классов.

Класс голосумчатых, характеризуются отсутствием плодовых тел и образованием одиночных сумок или сумок, сгруппированных слоем прямо на мицелии, включает 3 порядка.

Группа плодосумчатых, характеризующийся тем, что у его представителей сумки развиваются в настоящих плодовых телах - клейстотециях, перитециях и апотециях, включает значительное число порядков, которые объединены в группы по признаку наличия того или иного из названных типов плодовых тел,

В классе Плектоницеты преобладают виды с клейстотециями, реже с перитециями с прототуникатными, беспорядочно расположенными сумками. В составе класса 3 порядка.

В классе Пиреномицеты объединяются виды с перитециями, реже - клейстотециями, с унитуникатными сумками, расположенными пучком или слоем. Класс включает 5 порядков.

Представители класса Дискомицеты характеризуются наличием апотециев с унитарными сумками, расположенными упорядоченным слоем. Класс включает 4 порядка.

Класс полостносумчатых объединяет представителей с битунитарными сумками, образующимися в полостях (локулах) аскостром или псевдотециев. Класс включает 4 порядка.

Особняком стоит класс Лабульбениевые. Представители этого класса имеют редуцированный мицелий, а таллом их - в виде рецептакула. Из одной клетки рецептакула образуется женская, из другой - мужская репродуктивная структура; последняя часто развивается на придатках, возникающих на клетках рецептакула. Все лабульбениевые - облигатные паразиты насекомых и клещей, развивающиеся на их наружных покровах.

Базидиомицеты включают 16 тысяч видов. Характерный признак - наличие базидий, на которых экзогенно образуются базидиоспоры. Для базидиомицетов характерна полная утрата специализированных половых клеток и половой процесс у них осуществляется по типу соматогамии. Вегетативное тело - многоклеточный дикариотический мицелий, на котором у большинства представителей закладываются плодовые тела. Только у представителей порядка Экзобазидиальных и класса Телиобазидиальных плодовые тела отсутствуют, а базидии с базидиоспорами возникают или непосредственно на мицелии, или при прорастании особых спор - телиоспор или хламидоспор.

У высших базидиомицетов плодовые тела отличаются сложным строением и дифференцированы на разной формы стерильную и плодную части. На мицелии плодовые тела закладываются в виде зачатков - примордиев, которые затем развиваются по одному из четырех основных типов: 1) гимнокарпному, при котором гимениальный слой с самого начала и до созревания спор остается открытым; 2) гемиангиокарпному, при котором гимениальный слой вначале закрыт, а затем до созревания спор остается открытым; 3) псевдоангиокарпному, при котором гимениальный слой вначале открыт, а потом закрыт загнутым краем шляпки; 4) ангиокарпному, при котором плодовое тело открывается только после созревания спор.

Гименофор у базидиомицетов - часть плодового тела, в которой развивается гимениальный слой. Гименофор может быть гладким, жилковатым, шиповатым, губчатым, бородавчатым, трубчатым, пластинчатым. У плодовых тел с более или менее развитыми шляпками гименофор расположен на стороне, обращенной к земле. У некоторых, более примитивных представителей, гименофор расположен на верхней стороне плодового тела. Состоит гименофор из внутренней стерильной части - гименофоральной трамы и покрывающего гименофор гимениального слоя. Последний состоит из базидий, несущих базидиоспоры, и бесплодных элементов - цистид.

Важное значение в систематике отдела имеют базидии, отличающиеся по форме, а также числу и расположению перегородок. Эти признаки положены в основу деления отдела на классы. Виды с одноклеточными базидиями - холобазидиями - отнесены к классу Холобазидиальных. У некоторых базидиомицетов базидия разделена на две части: нижнюю,

обычно расширенную гипобазидию, и верхнюю - эпибазидию, которая представляет собой вырост из нижней части. Эпибазидия в свою очередь разделена на 2-4 части. Базидии такого строения называются гетеробазидиями и характерны для представителей класса Гетеробазидиальных. Ряд базидиомицетов имеют базидии, разделенные поперечными перегородками на четыре клетки, каждая из которых сбоку формирует сидящие на стеригме (короткой ножке) базидиоспоры. Такая базидия, к тому же развивающаяся не из клетки мицелия, а из толстостенной покоящейся телиоспоры, называется фрагмобазидией и характерна для представителей класса Телиобазидиальных.

Класс Холобазидиальные включает порядок Экзобазидиальные и два подкласса: Гименомицеты и Гастеромицеты. Порядок объединяет виды с холобазидиями, у которых нет плодовых тел, а формирование базидии происходит непосредственно на мицелии.

В подкласс Гименомицеты чаще всего включают два порядка, представители которых характеризуются наличием плодовых тел и расположением холобазидий на них в виде гимениального слоя.

Подкласс Гастеромицеты объединяет виды с холобазидиями, которые размещены в ангиокарпных плодовых телах, закрытых до полного созревания базидиоспор. Отделение базидиоспор от базидии также происходит внутри плодового тела, после чего оболочка его разрушается тем или иным способом и базидиоспоры выходят наружу. В связи с этим Гастеромицеты называют еще нутревиками.

Оболочка плодового тела - перидий - у большинства гастеромицетов хорошо развита. Внутренняя часть плодового тела - глеба - у молодых плодовых тел всегда белая или сероватая, затем по мере формирования и созревания базидиоспор она темнеет. Молодая глеба рыхлая, однородная, с возрастом в ней образуется полости: камеры, отделенные друг от друга стерильными участками глебы - трамами. При созревании плодового тела базидии и трамы у большинства видов гастеромицетов разрушаются и базидиоспоры оказываются свободно лежащими внутри перидия; у некоторых видов часть трамы идет на образование капиллиция, разрыхляющего массу зрелых базидиоспор и способствующего их рассеиванию.

Класс Гетеробазидиальные включает порядки, представители которых, помимо специфического строения базидии (гетеробазидий), характеризуются главным образом студенистыми плодовыми телами, многоклеточными базидиоспорами и преобладанием сапротрофных видов, развивающихся преимущественно на древесине, валежнике.

Класс Телиобазидиальные включает два порядка, представители которых исключительно облигатные паразиты высших растений характеризуются фрагмобазидией, образующейся при прорастании покоящейся споры - телиоспоры. В цикле развития телиоспора выполняет функцию зимующей стадии, в которой гриб переносит неблагоприятные условия. Плодовых тел телиоспоромицеты не имеют, они утрачены вследствие паразитического образа жизни.

Дейтеромицеты (Несовершенные грибы) - объединяют 17 тысяч видов. Вегетативное тело в виде хорошо развитого многоклеточного гаплоидного мицелия. Бесполое размножениями конидиями, при этом способы образования конидиальных спороношений

весьма разнообразны. Сумчатое и базидиальное спороношения отсутствуют. Известен парасексуальный процесс. Систематика отдела основана на типах строения и размещения конидиеносных структур, включает 2 класса и 5 порядков.

Класс Гифомицеты объединяет представителей с конидиями, образующимися на гифах вегетативного мицелия, на одиночных конидиеносцах, на конидиеносцах, собранных в коремии или развивающихся на спородохиях.

Класс Целомицеты объединяет представителей с конидиями, развивающимися на конидиеносцах, собранных в ложа или пикниды.

Помимо названных классов в отдел дейтеромицетов отнесены грибы, у которых конидиальное спороношение неизвестно. Они развиваются в виде стерильных мицелиев, у которых в цикле развития известны только склероции. Включают около 200 видов стерильных мицелиев.

Жизнь грибов в природе проходит под воздействием многочисленных факторов внешней среды, особенно разнообразных на суше, где обитает большинство ныне существующих видов грибов. Это химический состав субстрата, температура и влажность воздуха, содержание в нем кислорода и углекислоты, атмосферные осадки, интенсивность солнечной инсоляции, скорость ветра, взаимодействие с другими организмами - животными, растениями, микроорганизмами, наконец, различные антропогенные воздействия - вытаптывание, сбор грибов, выпас скота и т.д.

По характеру питания грибы - гетеротрофы. Поэтому необходимое условие развития гриба - присутствие подходящего субстрата, из которого мицелий мог бы поглощать питательные вещества. В природе грибы находят его в виде разнообразных органических остатков растительного и животного происхождения, на которых они развиваются как сапротрофы, или в виде живых тканей других организмов, на которых паразитируют. Среди грибов есть и факультативные паразиты, развивающиеся обычно сапротрофно, но способные паразитировать на ослабленных растениях. Наконец, существуют обязательные, или облигатные паразиты, обитающие только на живых организмах. Развиваясь в организме хозяина, разные паразиты по-разному действуют на него. Одни из них, некротрофы, сначала убивают ткани хозяина своими ферментами или токсинами, а затем уже питаются ими. Другие, биотрофы, могут питаться только за счет живых тканей хозяина и долго не вызывают их гибели. Предполагается, что к биотрофам близки по происхождению и так называемые симбиотрофные грибы, живущие в тесной связи с зелеными растениями. В таком комплексе гриба с водорослью (в лишайниках) или с корнями высших растений (микориза) происходит прижизненный обмен веществами, необходимыми обоим симбионтам.

Источниками углерода для грибов могут быть самые разнообразные органические соединения: углеводы, спирты, органические кислоты, аминокислоты, белки, углеводороды, производные фенолов, алкалоиды, стерины, антибиотики, токсины, лактаны, флавоны и многие другие. Грибы в качестве источника углерода могут использовать большинство органических соединений, у них нет строгой специфичности.



В качестве источников азота грибы могут использовать самые различные органические и неорганические его соединения: белки, пептон, пептиды аминокислот; соли аммония и газообразные аммиак; нитраты и нитриты; атмосферный азот. Диапазон использования перечисленных источников азота неодинаков у разных грибов; одни используют широкий круг источников азота - от атмосферного до органического, другие - более узкий. Большинство грибов хорошо используют аммиачный и нитратный азот, что сближает их с фотосинтезирующими растениями. Паразитные формы предпочитают белковый азот.

Грибы способны развиваться в широких пределах температуры. Рост многих из них начинается при 0-5 °С и прекращается только при повышении температуры до 35-40 °С, но наиболее благоприятный температурный режим для них 20-30 °С. Большинство широко распространенных шляпочных грибов плодоносит при 15-22 °С. Есть, однако, грибы, которых лучше развиваются при более низких (психрофилы) или при более высоких (термофилы) температурах. Споры грибов выдерживают действие очень высоких (более 90 °С) и очень низких (менее -200 °С) температур, не теряя способности к прорастанию. На способности грибов сохранять жизнеспособность при низких температурах основано хранение их спор и мицелия в жидком азоте, при -196 °С, широко используемое в коллекциях культур.

Мицелий грибов, распространяющийся в толще субстрата, прекрасно растет при отсутствии света. Солнечный свет даже подавляет у некоторых видов его развитие, или их мицелий обладает отрицательным фототропизмом. Спороношения некоторых грибов, например плодовые тела шампиньонов, могут развиваться в условиях полной темноты. Однако у большинства грибов нормальное спороношение происходит только при освещении. Сейчас установлено, что лучи определенных частей солнечного спектра - ультрафиолетовые и коротковолновые синие - индуцируют образование спор у грибов. Солнечный свет, особенно ультрафиолетовые лучи в больших дозах, подавляет развитие грибов, даже убивает их. Поэтому у грибов, подверженных в условиях их местообитания (в горах, пустынях) сильной инсоляции, возникли приспособления для защиты от нее. В клеточных стенках этих грибов содержатся темные пигменты - меланины, поглощающие свет и защищающие от его действия клеточные структуры. Защитные функции выполняют и красные, и оранжевые пигменты из группы каротиноидов, образуемые многими грибами.

Очень важное значение для развития грибов имеет величина pH; от ее значения зависит жизнь гриба - поступление в клетку питательных веществ, активность ферментов, спорообразование, синтез пигментов и антибиотиков. Большинство грибов предпочитает для своего развития субстраты, имеющие кислую реакцию - растительные остатки и ткани растений, кислые почвы и др. Меньше грибов встречается на животных остатках и других субстратах, имеющих щелочную реакцию. Оптимальна для грибов кислая среда, однако предельные значения pH для разных грибов различны.

Физиологически активные вещества грибов. В процессе роста грибы образуют значительное количество ферментов, осуществляющих разные этапы их метаболизма. Ферменты грибов бывают внутриклеточные (эндоферменты) и внеклеточные

(экзоферменты). В настоящее время для грибов известно около 10 тысяч белков-ферментов (и лишь около 100 белков неферментной природы). Из них наиболее важные ферменты - амилазы, целлюлазы, гемицеллюлазы, пектиназы, протеиназы, глюкозооксидазы и др.

Токсины, образуемые различными видами грибов, действуют специфически на организм человека, животных и растений. Наиболее изучены грибы, которые вызывают алиментарные токсикозы человека и сельскохозяйственных животных, а также фитопатогенные грибы. Токсины одних грибов обладают общеплазматическим токсическим действием на клетки животного и растительного организма, токсины других проявляют узкоспецифическое действие. Из наиболее изученных можно назвать стахиоботриотоксины, дендродохины, спорофузариотоксины, афлатоксины, эрготоксины и др.

Антибиотики - специфические продукты жизнедеятельности некоторых видов грибов, которые задерживают или полностью подавляют рост других видов микроорганизмов. Образование антибиотиков является одной из форм проявления антагонизма. По спектру действия на определенные виды и группы микроорганизмов различают антибиотики общего (широкого) спектра действия на грамположительные, грамотрицательные, кислотоустойчивые виды бактерий, мицелиальных грибов, дрожжей, возбудителей заболеваний человека, животных, растений, а также антибиотики против вирусов и клеток злокачественных опухолей. Антибиотики узкого спектра действия оказывают тормозящее или губительное действие на определенные виды или группы микроорганизмов.

Установлено, что активными продуцентами являются многие виды наиболее распространенных в почве грибов - пенициллов, аспергиллов, триходермы, трихотециев, многих видов базидиальных сапрофитных и дереворазрушающих грибов. При этом число активных штаммов в пределах видов и общее число активных видов заметно увеличивается в более южных зонах по сравнению с более северными. Число и степень активности образования отдельных антибиотиков в пределах вида значительно колеблется.

Большинство антибиотиков, образуемых грибами, являются вторичными продуктами метаболизма, которые активно не участвуют в процессах конструктивного и энергетического обмена грибов в наиболее активной физиологической фазе их роста. При направленном культивировании определенных видов грибов образование антибиотиков носит характер "сверхсинтеза", т.е. процесса, фактически патологического для продуцента. В природе активность образования большинства видов антибиотиков у грибов сравнительно низкая, и только штаммы продуцентов, полученные путем отбора и селекции, обладают высокой антибиотической активностью.

По своей химической природе антибиотики относятся к разным классам соединений: хиноны, одноосновные и двухосновные кислоты, гетероциклические соединения, бензохиноны, эфиры, альдегиды. Из многих сотен антибиотиков, описанных и изученных у различных организмов - бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей, лишайников, - только немногие вошли в медицинскую практику в качестве лечебных препаратов. Многие из них оказались высоко токсичными для макроорганизма или неэффективными при лечении заболеваний. Из грибов разных систематических групп выделено свыше 150 антибиотиков,

однако немногие из них нашли практическое применение и изучены более детально: пенициллины, гризеофульвин, фумагиллин, трихоцетин, патулин, фузариевая кислота и др.

Многие виды сапрофитных и фитопатогенных грибов в процессе жизнедеятельности и при определенных условиях культивирования выделяют в значительных количествах в окружающую среду такие вещества, как ауксины, гиббереллины, витамины. Сейчас установлено, что отдельные виды грибов способны синтезировать, накапливать в клетках или выделять в окружающую среду: рибофлавин, тиамин, каротин, витамины группы В, биотин, пиридоксин, никотиновую и пантотеновую кислоты.

Многообразие условий обитания и трофических связей грибов обуславливает формирование их экологических групп, под которыми понимаются совокупности популяций разных видов грибов, объединяемые по признакам трофических и топических связей. Экологические группы грибов не связаны с систематическим положением входящих в них видов. В результате сходства местообитаний и способов питания у представителей групп грибов, далеких в систематическом отношении, могут появляться сходные физиологические и биохимические функции. Формирование экологических групп грибов - сложный и длительный процесс, являющийся следствием всего эволюционного развития грибов, результат их многочисленных адаптации к условиям существования.

Микоризные грибы. Грибы-микоризообразователи есть в разных систематических группах, хотя наиболее часты они среди базидиомицетов. К настоящему времени известно более 200 тысяч видов высших растений - древесных, кустарниковых, травянистых, для которых описана микориза.

Почвенные сапротрофы. Почва является местообитанием большинства грибов различного систематического положения. Различают гумусовые и подстилочные сапротрофы. Установлено, что доминируют в лесной подстилке некоторые аскомицеты, зигомицеты и дейтеромицеты; широко представлены также базидиомицеты, особенно макромицеты.

Ксилотрофы. Разложения древесины - одно из основных звеньев биологического круговорота. Ведущая роль в разложении древесины принадлежит дереворазрушающим грибам из различных классов: аскомицеты, базидиомицеты, дейтеромицеты. Ксилотрофы - типичные обитатели леса, четко очерченная экологическая группа грибов, поселяющихся на растительных остатках. Они растут на стволах и корнях живых деревьев, сухостое, валежнике, на пнях и т.п.

Карботрофы. Эта экологическая группа объединяет грибы, поселяющиеся исключительно в пирогенных местообитаниях. Возникновение ее можно рассматривать, с одной стороны как результат адаптации к пирогенным местообитаниям (чаппарали, места пожаров, вулканической деятельности), а с другой - как уход от основных конкурентов в недоступную для них экологическую нишу.

Копротрофы. Своеобразную экологическую группу составляют грибы, поселяющиеся на экскрементах травоядных животных. Капротрофы характеризуются определенными биологическими свойствами, важнейшие из которых - стойкость спор к повышенной

температуре и воздействию ферментов пищеварительной системы животных.

Микотрофы - экологическая группа грибов, поселяющихся на других грибах, за счет которых они и питаются.

Гидрофилы - экологическая группа грибов, обитающих в воде. Они встречаются в океанах и морях, эстуариях, реках и озерах, болотах, термальных источниках; обнаружены грибы и в сточных водах различного состава. Выделяют первичноводные - появились в водной среде и остались в ней (сюда относятся хитридиомикеты и оомицеты), и вторичноводные - в ходе эволюции мигрировали на сушу, а затем вновь вернулись в водную среду (сюда относятся водные гифомицеты, некоторые виды аскомицетов, базидиомицетов, дейтеромицетов).

Фитопатогенные грибы - экологическая группа грибов, паразитирующих на сельскохозяйственных растениях. Они поражают и вызывают заболевания различных органов наземной части и корневой системы растений во время их вегетации, а также при хранении зерна хлебных злаков, овощей, фруктов. Известны следующие основные типы заболеваний, вызываемые фитопатогенными грибами. Гнили (мокрые, сухие, твердые) - при поражении частей растений, богатых водой и питательными веществами (плоды, корнеплоды, клубни, луковицы). Пятнистости, или некрозы, - в виде участков отмерших тканей различной формы и размеров; отмирание тканей происходит в результате заселения возбудителя или как защитная реакция растения на заселение патогена. Язвы (антракнозы) - образуются при поражении насыщенных водой органов, при этом из-за размягчения тканей образуется углубление. Хлорозы и мозаики - образуются на листьях из-за нарушения их питания. Налеты - формирует спороношение возбудителя на поверхности пораженного органа например, мучнистая роса. Увядание, или вилт - наблюдается вследствие поражения корневой и проводящей систем, при этом может происходить закупорка и некроз стенок сосудов, нарушение поступления воды в наземную часть растения. Опухоли, или наросты, - под действием фитогормонов, выделяемых патогеном, происходит разрастание пораженных тканей. Деформация - наблюдается при действии фитогормонов или в результате нарушения поступления питательных веществ либо оттока ассимилятов (скручивание, морщинистость или нитевидность листьев, махровость цветков, уродливость плодов). Головня - разрушение пораженной ткани и превращение ее в черную пылящую массу. Парша - местное поражение покровных тканей, сопровождаемое растрескиванием пораженных участков и образованием струпьев. Мумификация - ткани растения, пронизанные мицелием патогена, темнеют, ссыхаются и превращаются в склеротий или сохраняются (мумифицируются).

Энтомофилы - экологическая группа грибов, связанных с насекомыми. Группа весьма разнообразна как по характеру взаимодействия грибов с насекомыми, степени облигатности или факультативности их паразитизма на насекомых, так и в таксономическом и экологическом отношениях.

Грибы - паразиты человека и животных. Экологическая группа, объединяющая около 2 тысяч видов грибов, относящихся, главным образом, к аскомицетам и дейтеромицетам. По характеру взаимоотношений патоген-организм выделяют две группы заболеваний - микозы,

или грибные болезни, развивающиеся в результате прямого паразитизма грибов (дерматомикозы, глубокие микозы); микотоксикозы, или грибные отравления, связанные с образованием грибами токсинов; такие отравления вызываются употреблением в пищу продуктов или кормов, на которых развивались токсические грибы. Кроме того, следует назвать также аллергические реакции, которые вызывают около 300 видов грибов. Реакции вызываются у некоторых людей вдыханием спор грибов, находящихся в воздухе или употреблением в пищу вполне съедобных грибов. Вдыхание спор грибов вызывает у человека с повышенной чувствительностью к ним бронхиальную астму, аллергический насморк, сенную лихорадку. Известны аллергические реакции на продукт обмена грибов, например, антибиотики и токсины. У некоторых больных наблюдается повышенная чувствительность к пенициллинам и они вызывают у них разные формы аллергии - от кожного зуда и сыпи до смертельно опасного анафилактического шока (иммунная реакция на чужеродный белок).

## Лишайники – Lichenophyta

Лишайники - отдел низших растений, объединяющий около 20-26 тысяч видов. Представители этого отдела характеризуются своеобразным талломом, в котором сочетаются два организма: водоросль и гриб. Двойственная природа таллома лишайников была открыта немецким ботаником Симоном Швенденером в 1867 году.

Поскольку основным формообразующим компонентом лишайников является гриб, то в последнее время среди ботаников получила распространение точка зрения, рассматривающая лишайники не как самостоятельную группу растений, а как грибы, включающие в свое тело водоросли, - так называемые лихенизированные грибы, которые перешли к паразитизму на водорослях и в связи с этим значительно изменились. При таком подходе виды лишайников распределяются среди грибов в соответствии с типом плодового тела лишайникового гриба и особенностями его строения. Однако своеобразная форма тела лишайников, присутствие особых веществ, не известных ни у грибов, ни у водорослей, особенности обмена веществ и ряд других признаков позволяют рассматривать лишайники как самостоятельную группу организмов, возникших в ходе длительной эволюции.

Грибной компонент таллома лишайников - микобионт (= лихенизированные грибы) - в систематическом отношении может быть отнесен к трем отделам грибов: фикомицетам, аскомицетам, базидиомицетам. Как известно, вегетативный мицелий у подавляющего большинства грибов субстратный. Лишайники же живут в воздушной среде (за некоторыми исключениями) и таким образом микобионт существует в совершенно других условиях. Это и наложило существенный отпечаток на морфологию и биологию микобионта. Гифы микобионта представляют собой простые или разветвленные тонкие (3-10 мкм) нити, характеризующиеся верхушечным ростом. У большинства лишайников поперечные перегородки гиф имеют небольшое отверстие, называемое перфорацией; перфорации могут образовываться не только в поперечных перегородках, но и на продольных стенках гиф. Через перфорации проходит тонкий цитоплазматический тяж - плазмодесма. Протоплазма лишайников слегка зерниста. В вегетативных клетках почти всегда имеется одно ядро, но у некоторых видов бывает по два или помногу ядер в одной клетке. Кариологических исследований лишайников почти не проводилось, поэтому сведения об их хромосомах очень скудны. Известно, что они мелкие, трудно различимые и число их невелико. В протоплазме имеются вакуоли округлой или вытянутой формы.

Переход вегетативных гиф микобионта лишайникового слоевища к воздушному образу жизни привел к утолщению их оболочки. Такие гифы выполняют роль механической, укрепляющей "ткани". Особенно толстые стенки имеют гифы, расположенные во внешних, коровых слоях. У некоторых видов, обитающих в суровых условиях северных тундр, оболочки гиф настолько толстые и желатинообразные, а просветы такие узкие и маленькие, что структура этого слоя с трудом просматривается под микроскопом, а отдельные гифы и вовсе невозможно рассмотреть.

В гифах микобионта по сравнению с обычными грибными гифами наблюдается сильное утолщение поперечных перегородок. У целого ряда лишайников оболочки гиф

микобионта могут сильно разбухать и ослизняться за счет содержащихся во внешних слоях пектиновых веществ. Специфичны для микобионта образования - так называемые жировые клетки, или жировые гифы. Они развиваются обычно в нижней части слоевища, в местах прикрепления к субстрату.

Тесный контакт с водорослями обусловил появление у микобионта некоторых специальных типов гиф. Прежде всего это ищущие и охватывающие гифы. Двигающиеся гифы возникают в зоне водорослей и служат для переноса их клеток в растущий край слоевища, который обычно бывает образован только гифами микобионта и не содержит водорослей. Абсорбционные гифы микобионта выполняют функцию питания и могут быть нескольких типов: гаустории, импрессории, аппрессории.

В качестве водорослевого компонента - фикобионта (= лихенизированные водоросли) - в талломе лишайников в настоящее время известны представители 28 родов, относящиеся к четырем отделам: синезеленым, зеленым, желтозеленым и бурым водорослям.

Водоросли в талломе лишайника сильно изменяют свой внешний облик. Особенно это касается нитчатых форм, которые распадаются на отдельные клетки и часто сильно деформируются. Фикобионт лишайников отличается замедленным ростом и полностью либо в значительной степени лишен запасных питательных веществ (крахмала, липидов, зерен цианофичина, гликогена).

Природа взаимоотношений микобионта и фикобионта в талломе лишайников до сих пор остается предметом дискуссий. На протяжении всей истории изучения лишайников выдвигались различные гипотезы. Наиболее распространена точка зрения на лишайник как на симбиоз в форме паразитизма; при этом гриб паразитирует на водоросли.

В морфологическом отношении лишайники не дают большого разнообразия. В зависимости от внешнего облика выделяют три основных морфологических типа: накипные (или корковые), листоватые и кустистые.

В зависимости от внутреннего строения у лишайников различают два типа таллома: гомеомерный, когда водоросли равномерно распределены между гифами микобионта по всей толще таллома, и гетеромерный, когда водоросли формируют в талломе четко обособленный, так называемый альгальный слой.

Размножение характерно как для таллома лишайника в целом, так и для отдельных его компонентов. Клетки фикобионта размножаются в талломе лишайника вегетативным путем: делением клеток пополам или формированием гормогониев для некоторых видов сине-зеленых водорослей; а также бесполым - образованием апланоспор.

Микобионт размножается бесполым и половым путями. Предполагается, что споры бесполого спороношения (конидии), формирующиеся микобионтом, являются остаточным признаком, характерным для свободноживущих грибов, но утратившим свое биологическое значение для лишайников. При половом размножении микобионт формирует плодовые тела. Большинство лишайников формируют открытые плодовые тела в виде апотециев, при этом различают следующие типы апотеции - леканоровые (со слоевищным краем, который всегда содержит внутри водоросли), лецидеевые (собственный край никогда не содержит

водорослей и отличается по строению от таллома) и биаторовые, отличающиеся от лецидеевых светлой окраской и мягкой консистенцией). Для меньшего числа видов характерны плодовые тела в виде перитециев, имеющих вид маленького кувшина с отверстием наверху. Наиболее редки гистеротеции - узкие плодовые тела удлиненной формы.

Для лишайника как целостного организма характерно только вегетативное размножение, осуществляющееся либо участками таллома, либо специализированными образованиями. Такими образованиями являются соредии, изидии и лобули, возникшие в процессе эволюции главным образом у высокоорганизованных листоватых и кустистых форм. Преимущество размножения лишайников соредиями и изидиями заключается в том, что в нем принимают участие оба компонента - и водоросль, и гриб.

В систематическом отношении лишайники делят на четыре класса: фиколишайники, сумчатые, базидиальные, дейтеролишайники (несовершенные лишайники).

Класс Фиколишайников включает один монотипный порядок, представители которого характеризуются микобионтом с неклеточным талломом.

Класс Сумчатых лишайников объединяет более 90 % видового состава отдела и характеризуется наличием микобионта с сумчатым спороношением. В систематическом отношении в зависимости от типа плодовых тел класс делят на два подкласса: пиренокарповые с плодовыми телами в форме перитециев, и гимнокарповые с апотециями, реже гистеротециями.

Класс Базидиальных лишайников объединяет около 20 видов, имеющих в качестве микобионта представителей афиллофоровых и агариковых. Базидиальные лишайники отличаются от сумчатых рядом особенностей. Плодовые тела у них кратковременные, часто одногодичные, в то время как у сумчатых они существуют десятки и сотни лет. Симбиоз у базидиальных грибов и водорослей не привел к образованию особых жизненных форм, к морфогенетическому обособлению. Базидиальные лишайники имеют такую же внешнюю форму как соответствующие свободно живущие грибы. В базидиальных лишайниках не обнаружены специфические лишайниковые вещества, столь характерные для сумчатых лишайников. Систематика базидиальных лишайников слабо разработана. В последнее время находят все новые виды грибов, которые постоянно или временно состоят в симбиозе с водорослями. В большинстве случаев эти находки указывают на факультативность и эволюционную молодость таких симбиотических отношений.

Класс Дейтеролишайников представляет собой искусственную группу, у которых плодовые тела со спорами не обнаружены и для которых не характерно образование устойчивых морфологических форм. Наиболее распространенными являются представители рода, образующие порошковатые (соредиезные) налеты на различных субстратах.

Лишайники широко распространены по земному шару - от полярных областей до экваториальных пустынь. Географическое распространение многих лишайников прямо связано с их выборочным отношением к субстрату, хотя последний и не является основной причиной, ограничивающей их распространение. Безразличные к субстратам виды ли-



шайников имеют более широкий ареал, чем виды, более требовательные к определенному субстрату. Есть среди лишайников и космополиты, хотя их и очень немного.

По приуроченности к субстрату лишайники подразделяются на следующие экологические группы.

Напочвенные, или эпигейные лишайники. Виды этой группы должны выдерживать сильную конкуренцию со стороны быстрорастущих высших растений, особенно травянистых. Поэтому они редко встречаются на плодородных почвах и достигают большего развития в местах, мало пригодных для высших растений из-за незначительной питательности субстрата или неблагоприятных климатических условий, например на песчаных почвах, в тундрах, полупустынях, на торфяниках и т.п.

Эпифитные лишайники поселяются на деревьях и кустарниках. Среди них можно выделить несколько подгрупп: эпифилльные - растущие на листьях деревьев и кустарников, настоящие эпифитные - растущие на коре, и эпиксильные - растущие на обнаженной и обработанной древесине.

Эпилитные лишайники поселяются на камнях и скалах и представлены в основном накипными видами. Среди эпилитных лишайников различаются кальцефильные виды, живущие на известковых породах, и кальцефобные, живущие на кремнеземных породах.

Особую экологическую группу составляют очень своеобразные водные лишайники, постоянно или большую часть года проводящие под водой. Эти лишайники биологически очень мало изучены. Среди них есть виды пресноводные и обитающие в соленой воде, они могут быть обитателями стоячих водоемов и быстро текущих рек и ручьев.

Лишайники - очень медленно растущие организмы. Прирост их таллома при благоприятных условиях колеблется в зависимости от вида от 1 до 8 мм в год. При этом листоватые и кустистые лишайники растут быстрее, чем накипные. Средний возраст таллома лишайников - от 30 до 60 лет, а отдельные экземпляры, судя по косвенным данным, доживают до 600 лет. Имеются указания, что отдельные талломы накипных лишайников насчитывают около 2000 лет. Таким образом, наряду с некоторыми представителями голосеменных растений лишайники можно считать самыми долгоживущими организмами. Следует отметить, что ввиду медленного роста лишайников необходимое условие их жизни - продолжительная неподвижность субстрата.

В растительном покрове лишайники, как и мохообразные, играют значительную роль, особенно в северных и высокогорных областях, они - существенные компоненты растительного покрова равнинных и горных тундр и отчасти таежных лесов.

Будучи одним из основных напочвенных растений тундровой зоны, некоторые лишайники (кладонии и цетрарии) являются главным кормовым растением для северных оленей. Лишайники используют в пищу и другие животные - свиньи, овцы.

В Японии употребляется в пищу и даже служит предметом экспорта растущий на скалах листоватый лишайник из рода гирофора. Съедобна и аспицилия ("манна небесная"), растущая в степной и полупустынной зонах.

Нашли практическое применение лишайниковые кислоты, специфические продукты

обмена лишайников. Усниновая кислота, образуемая 70 видами лишайников, как сильный антибиотик под названием "бинан" введена в медицинскую практику. Некоторые лишайниковые вещества действуют как стимуляторы, поднимающий тонус организма. На этом основано использование в народной медицине отваров цетрарии исландской ("исландский мох"). В ее состав входит паралихестериновая кислота, обладающая тонизирующим действием. Из широко распространенного лишайника эвернии ("дубовый мох") извлечено вещество резиноид, обладающее ароматическими свойствами и являющееся хорошим закрепителем аромата, что нашло свое применение в парфюмерной промышленности.

Лишайники по-разному реагируют на загрязненность воздуха: некоторые из них не выносят даже малейшего загрязнения и погибают; другие, наоборот, живут только в городах и прочих населенных пунктах, хорошо приспособившись к соответствующим антропогенным условиям. Это свойство лишайников используется для общей оценки степени загрязненности окружающей среды, особенно атмосферного воздуха. На этой основе развивается особое направление индикационной экологии - лишеноиндикация.

Установлено, что наиболее отрицательное воздействие на лишайники из всех загрязнителей городского воздуха оказывает диоксид серы. При концентрациях  $\text{SO}_2$  0,3 мг/м<sup>3</sup> лишайники полностью исчезают и такая зона получила название "лишайниковой пустыни". При концентрации  $\text{SO}_2$  0,03-0,2 мг/м<sup>3</sup> - флора лишайников бедна и представлена небольшим числом наиболее выносливых, толерантных видов, и только при концентрации менее 0,05 мг/м<sup>3</sup> - флора лишайников представлена видами естественных ландшафтов.

## 7. Лабораторные занятия

Пользуясь указанной литературой, студенты в межсессионный период изучают соответствующий раздел курса, а также оформляют в альбоме все необходимые записи к лабораторному занятию. В ходе сессионных занятий студенты выполняют предусмотренные задания: на живом, фиксированном и гербарном материале знакомятся со строением конкретных представителей разных групп низших растений и выполняют рисунки. Зарисовка изучаемых объектов является обязательным методическим элементом занятия, так как при выполнении рисунков полнее анализируется и лучше запоминается строение каждого объекта.

### ЗАНЯТИЕ 1

ВОДОРΟΣЛИ — *ALGAE (PHYKOS)*

Фила *CYANOPHYTA*

Отдел СИНЕЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРΟΣЛИ — *CYANOPHYTA (CYANOPROCARYOTA)*

Класс СИНЕЗЕЛЕННЫЕ — *CYANOPHYCEAE*

Отдел *Cyanophyta* объединяет организмы с прокариотическим уровнем организации и одной формой хлорофилла – а. Известны фикобилины. В соответствии с особенностями морфологии и размножения в пределах *Cyanophyta* выделяют два класса: *Cyanophyceae* и *Hormogoniophyceae*.

Класс синезеленых объединяет представителей с одноклеточным или колониальным талломом коккоидной структуры.

Задание 1. Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать колонии микроцистиса — *Microcystis aeruginosa*.

Массовое развитие синезеленых водорослей, известное как “цветение” воды, — явление экологического порядка, имеет важное биологическое и медицинское значение. В пресноводных водоемах данное явление сопровождается накоплением в воде и в теле многих гидробионтов сильнодействующих токсинов, продуцируемых видами-возбудителями “цветения” воды. Отравление синезелеными водорослями может протекать в нескольких клинических формах, в том числе желудочно-кишечной, кожно-аллергической, мышечной и смешанной. *Microcystis aeruginosa* продуцирует полипептидные токсины (более 50), или так называемый фактор быстрой смерти. Один из этих токсинов — микроцистин — вызывает тромбоцитопению, кровоизлияния в легких и печени, обширные тромбозы.

Колонии микроцистиса — это микроскопические комочки бесцветной гомогенной слизи, в которой беспорядочно расположены шаровидные клетки. Рассмотрев при малом увеличении общий вид и разнообразие формы колоний микроцистиса, найдите одну колонию, переведите микроскоп на большое увеличение и рассмотрите клетки. Они кажутся сетчатыми, как бы продырявленными, из-за присутствия особых полостей (характерных только для синезеленых водорослей) — газовых вакуолей.

Рис. 1. Строение колонии: 1 - общая слизь, 2 - клетки.

Рис. 2. Отдельная клетка: 1 - оболочка, 2 - протопласт, 3 - газовые вакуоли.

## Фила *CHROMOPHYTA*

Фила *Chromophyta* включает группы водорослей с преобладающей желто-бурой или коричневой окраской и наличием двух форм хлорофилла – **а** и **с**. Остальные признаки в значительной степени варьируют у представителей разных классов в пределах фила.

### Отдел ДИНОФИТОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ — *DINOPHYTA*

Отдел динофитовые объединяет разнообразные в морфологическом отношении формы с ядром мезокариотического типа. Вегетативные и репродуктивные клетки монадной структуры характеризуются дорзовентральным строением с двумя бороздками – продольной (брюшной) и поперечной. Специфическими для отдела особенностями являются также: тека, пузулы (непульсирующие вакуоли), особый тип стигмы, трихоцисты (стрекательные структуры).

Способность вырабатывать токсины, обладающие паралитическим или нейротоксическим действием, известна среди морских видов динофитовых водорослей, однако с особенностями строения клетки можно познакомиться на примере пресноводного представителя этого класса — церациума.

**Задание 2.** Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать клетку церациума — *Ceratium hirundinella*.

Клетка церациума состоит из протопласта, покрытого сверху панцирем, который по своему происхождению является текой. Панцирь состоит из двух половинок: верхней, эпивальвы, и нижней — гиповальвы, разделенных проходящей по экватору панциря поперечной бороздой. Обе половинки панциря имеют сильно вытянутую форму и заканчиваются роговидными выростами: эпивальва — одним, апикальным, гиповальва — 2-3 антапикальными. Помимо поперечной, панцирь имеет и продольную борозду, которая начинается от поперечной борозды и проходит только по гиповальве. На пересечении борозд расположена пластинка с 1-2 жгутиковыми порами, из которых выходят жгутики. Жгутики церациума различаются по морфологии и форме движения: поперечный имеет вид волнистой уплощенной ленты, лежит в поперечной борозде и сообщает клетке вращательное движение вокруг продольной оси; продольный — нитевидный тянется вдоль продольной оси и определяет поступательное движение клетки вперед. При большом увеличении хорошо видно, что панцирь церациума состоит из многоугольных пластинок — щитков, соединенных бесструктурными швами, которые являются зонами роста панциря.

**Рис. 3.** Строение панциря: 1 - эпивальва; 2 - гиповальва; 3 - поперечная борозда; 4 - продольная борозда; 5 - поперечный жгут; 6 - продольный жгут; 7 - щитки; 8 - швы.

### Отдел ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ — *BACILLARIOPHYTA*

Диатомовые водоросли — это один из отделов водорослей, доминирующих в современную геологическую эпоху. Диатомовые водоросли, помимо других сторон хозяйственной деятельности человека, нашли применение в практике судебной экспертизы, а

также в ортопедии. Наиболее характерной отличительной особенностью диатомовых водорослей является наличие у них панциря, по происхождению представляющего собой оболочку (механическая прочность пектинового матрикса обеспечивается за счет его минерализации кремнеземом). Панцирь диатомей состоит из двух почти равных частей и по конструкции напоминает коробку, закрытую крышкой. Наружная, большая часть панциря, — эпитека, подобно крышке находит своими краями на внутреннюю, меньшую половину — гипотеку, соответствующую коробке. Эпитека и гипотека состоят из створки и пояскового ободка. Створка имеет лицевую поверхность, плоскую или слегка выпуклую, и краевую загнутую часть, называемую загибом. Деление на классы основано на типе симметрии панциря и тонкой структуре панциря.

#### Класс ДИАТОМОВЫЕ — *BACILLARIOPHYCEAE*

Класс объединяет представителей, характеризующихся двусторонней симметрией панциря. Деление на порядки основано на тонкой структуре панциря.

**Задание 3.** Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать клетку пиннулярии — *Pinnularia major*.

Рассмотрите внимательно препарат при малом увеличении и найдите в нем крупные удлинённые клетки прямоугольной и вытянуто-овальной формы. Найдите одну клетку пиннулярии, лежащую на створке (в виде вытянутого по длинной оси эллипса), рассмотрите ее при большом увеличении. По краю створки очень хорошо видны четкие грубые линии, так называемые ребра, не заходящие на середину створки. Срединная бесструктурная часть створки, лишенная ребер, получила название осевого поля. По центру осевого поля проходит слегка извилистая, светлая, трудно различимая линия — шов, представляющий собой щель сложной конфигурации, которая пронизывает стенки створки. В центре и на полюсах створки шов образует расширения в виде центрального и полярных узелков.

Верните микроскоп на малое увеличение и найдите в препарате еще одну клетку пиннулярии, но лежащую уже на пояске (в виде прямоугольника). При большом увеличении рассмотрите строение протопласта клетки. Цитоплазма здесь расположена в виде тонкого постенного слоя и только в центре образует более или менее широкую перетяжку — цитоплазматический мостик, хорошо видимый в живой клетке. В центре этого мостика очень часто без специального окрашивания можно различить довольно крупное ядро. В постенном слое цитоплазмы располагаются два пластинчатых хлоропласта, окрашенных в коричневый цвет. Вся остальная полость клетки занята двумя крупными вакуолями с клеточным соком. Кроме того, в клетке хорошо заметны желтые или оранжевые капли масла — продукта ассимиляции диатомовых водорослей.

**Рис. 4.** Строение протопласта: 1 - хлоропласты; 2 - ядро; 3 - цитоплазматический мостик; 4 - вакуоли; 5 - капли масла.

**Рис. 5.** Строение панциря: 1 - вид со створки: 1а - поперечные ребра; 1б - осевое поле; 1в - сложный шов с центральным (цу) и полярными (пу) узелками; 2 - вид с пояска: 2а -

створка эпитеки; 2б - загиб створки эпитеки; 2в - поясок эпитеки; 2г - створка гипотеки; 2д - загиб створки гипотеки; 2е - поясок гипотеки.

## Отдел БУРЫЕ ВОДОРΟΣЛИ — *PHAEOPHYTA*

### Порядок Эктокарповые — *ECTOCARPALES*

К бурым водорослям относятся преимущественно макроскопические формы, общим внешним признаком которых служит желтовато-бурая окраска их таллома. Это исключительно многоклеточные растения. Для большинства бурых водорослей характерно наличие двух самостоятельных форм развития — спорофита и гаметофита, которые могут быть как сходного размера и строения, так и разного. Для представителей порядка характерна изоморфная смена генераций, т.е. спорофит и гаметофит морфологически не отличаются друг от друга. Бесполое размножение – зооспорами. Половой процесс – изогамия (редко гетерогамия). Зигота прорастает без периода покоя.

Задание 4. На гербарных образцах и постоянных препаратах познакомиться со строением таллома эктокарпуса — *Ectocarpus confervoides*.

Талломы и спорофита, и гаметофита эктокарпуса представляют собой ветвящиеся однорядные нити, образующие кустики до 30 см высотой. Если часть таллома поместить под микроскоп и рассмотреть при малом увеличении, то среди вегетативных нитей можно увидеть боковые образования, состоящие из большого числа мелких клеток и несколько напоминающие по форме початок. Это — многогнездные гаметангии. Следовательно, препарат приготовлен из таллома гаметофита.

Рис. 6. Общий вид таллома.

Рис. 7. Строение отдельной веточки гаметофита: 1 - вегетативные клетки; 2 - многогнездный гаметангий.

### Порядок ЛАМИНАРИЕВЫЕ — *LAMINARIALES*

Порядок объединяет самые крупные водоросли, талломы которых характеризуются морфологическим расчленением и сложным анатомическим строением. Половой процесс – оогамия. Бесполое размножение зооспорами; сорусы зооспорангиев закладываются на листовидной пластине.

Ламинариевые имеют гетероморфное чередование поколений, при котором спорофит и гаметофит резко отличны по строению, размерам и длительности существования. Зрелый спорофит — это крупное многолетнее растение высотой 0,5 — 6 м, реже — до 20 и даже 50 м. Гаметофиты разных видов и родов сходны по строению и состоят из небольшого числа клеток, соединенных в слабо разветвленные нити.

Задание 5. На гербарных образцах познакомиться с внешним строением таллома спорофита ламинарии — *Laminaria saccharina*.

Таллом спорофита ламинарии представляет собой пластину, расположенную на крепком, цилиндрической формы образовании, которое напоминает стебель высших растений и называется у крупных водорослей каулоид. Таллом прикрепляется к субстрату

сильно разветвленными ризоидами. Рост таллома спорофита осуществляется за счет интеркалярной зоны роста, занимающей основание пластины и вершину каулоида. Зона роста резко не отграничена от остальной части таллома и отличается только более темной окраской. Ежегодно, после выхода зооспор пластинчатая часть таллома разрушается. Тогда же в интеркалярной зоне роста происходит закладка новой пластины между каулоидом и старой пластиной. Обычно новая пластина шире старой. По мере роста новой пластины старая отодвигается все дальше вверх, иногда ее остатки могут долго задерживаться на вершине.

Для крупных многоклеточных талломов бурых водорослей характерна специализация клеток, что послужило основанием для выделения особой – паренхиматозной – структуры морфологической дифференциации таких талломов. На поперечной срезе через каулоид спорофита ламинарии можно различить три слоя клеток – меристодерму, кору и сердцевину. Меристодерма – наружный слой, состоящий из окрашенных мелких кубических клеток, сохраняющих способность к делению. За счет деления клеток меристодермы каулоид растет в длину и толщину. Кора представлена также окрашенными, более крупными, округлыми в очертаниях клетками. Наружный слой коры постоянно пополняется за счет меристодермы, а клетки внутреннего слоя теряют окраску и превращаются в клетки сердцевины. Таким образом, все три слоя плавно переходят один в другой; резкая граница между ними отсутствует.

Рис. 8. Общий вид таллома спорофита: 1 - пластина; 2 - каулоид; 3 - ризоиды; 4 - интеркалярная зона роста.

#### Порядок ФУКУСОВЫЕ — *FUCALES*

В состав порядка входят виды, у которых отсутствует смена генераций. Спорофиты фукусовых уступают по размерам ламинариевым, но также характеризуются морфологическим расчленением таллома и паренхиматозной структурой. Рост таллома верхушечный. Бесполое размножение отсутствует. Половой процесс – оогамия.

Задание 6. На гербарных образцах и постоянных препаратах познакомиться со строением таллома фукуса — *Fucus vesiculosus*.

Талломы фукуса представляют собой дихотомически разветвленные кустики, прикрепленные к субстрату диском. Диск переходит в каулоид; ветви плоские, ремневидные, с хорошо выраженным ребром, продолжающимся до вершины. На вершинах ветвей располагаются рецептакулы — утолщенные и более широкие участки, возникающие в результате разрастания тканей вокруг концептакул. Таллом фукуса обладает верхушечным ростом за счет деления особой верхушечной клетки. Для рассматриваемого вида фукуса характерно наличие особых воздухоносных полостей — воздушных пузырей, располагающихся попарно по бокам ребра. В концептакулах фукуса на выстилающем слое (трактуются рядом авторов как гаметофит) развиваются половые органы: крупные грушевидные темноокрашенные оогонии — в женских, и мелкие округлые антеридии — в мужских концептакулах. Одновременно с образованием половых органов вокруг них

разрастаются стерильные нити выстилающего слоя, называемые парафизами. В женских концептакулах пучок парафиз выходит наружу, формируя хохолок.

Рис. 9. Общий вид таллома: 1 - диск; 2 - каулоид; 3 - ребро; 4 - воздушные пузыри; 5 - верхушечная зона роста; 6 - рецептакулы; 7 - выводные отверстия концептакул.

## ЗАНЯТИЕ 2

### Фила *RHODOPHYTA*

#### Отдел КРАСНЫЕ ВОДОРОСЛИ — *RHODOPHYTA*

##### Класс БАНГИЕВЫЕ — *BANGIOPHYCEAE*

Отдел *Rhodophyta* включает виды водорослей с преобладающей красной окраской и наличием двух форм хлорофилла – **a** и **d**. В сложном комплексе пигментов *Rhodophyta* присутствуют также фикобилины: фикозеритрин (красный) и фикоцианин (синий). Запасный продукт – полисахарид флоридан. Доминируют виды с многоклеточным талломом гетеротрихальной структуры. Подвижные стадии полностью отсутствуют. Половой процесс – оогамия; зигота прорастает без периода покоя, через ряд сложных преобразований.

Класс бангиевые объединяет наиболее просто организованные формы отдела. Бесполое размножение моноспорами. Карпогон без трихогины. Зигота без сложных преобразований непосредственно превращается в цистокарпий.

Задание 1. На гербарных образцах познакомиться с внешним строением таллома порфиры — *Porphyra laciniata*.

Таллом порфиры имеет вид пластинки розовато-пурпурного цвета с волнистыми краями до нескольких десятков сантиметров в длину и ширину. Пластинка состоит из одного слоя клеток и при помощи короткого каулоида и подошвы прикрепляется к подводным предметам.

Рис. 1. Общий вид таллома.

### Фила *CHLOROPHYTA*

Фила *Chlorophyta* s.st. (в узком смысле) объединяет водоросли, обладающие двумя формами хлорофилла – **a** и **b**.

#### Отдел ЭВГЛЕНОВЫЕ ВОДОРОСЛИ — *EUGLENOPHYTA*

Отдел эвгленовых водорослей включает формы, обладающие одноклеточным талломом монадной структуры. Ядро мезокариотического типа. Размножение только вегетативное.

Задание 2. Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать клетку эвглени — *Euglena polymorpha*.

При малом увеличении микроскопа можно увидеть зеленые, веретеновидные клетки, активно передвигающиеся при помощи жгутика. Иногда клетки останавливаются и начинают метаболизировать — сильно изменять форму: в поперечном направлении клетка вздувается и расширяется, в продольном — сокращается. Способность к метаболии



обусловлена наличием особого типа клеточного покрова — пелликулы. При большом увеличении микроскопа на переднем конце клетки эвглены можно различить углубление, так называемую глотку, к стенке которой примыкает красная стигма. По всему протопласту расположены зеленые дисковидные хлоропласты и зерна парамилона — запасного вещества. При метаболических движениях в задней трети клетки видна светлая зона, которую как бы обтекают хлоропласты и зерна парамилона, это — ядро.

Рис. 2. Строение клетки: 1 - пелликула; 2 - глотка; 3 - жгутик; 4 - стигма; 5 - хлоропласты; 6 - зерна парамилона; 7 - ядро.

## Отдел ЗЕЛЕННЫЕ ВОДОРОСЛИ — *CHLOROPHYTA*

### Порядок ВОЛЬВОКСОВЫЕ — *VOLVOCALES*

Отдел включает представителей, характеризующихся большим разнообразием признаков: ультраструктуры клетки, типов таллома и структур морфологической дифференциации, размножения и жизненных циклов. Запасный продукт – крахмал

К порядку вольвоксовых относятся виды с одноклеточным, ценобиальным и колониальным талломом монадной структуры. Все представители порядка (за редким исключением) имеют два жгутика, равных по длине и строению, поэтому их называют изоконтными формами.

Задание 3. Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать ценобии пандорины — *Pandorina morum*.

При малом увеличении найдите один ценобий пандорины и рассмотрите его. Ценобий имеет шаровидную или слегка эллипсоидную форму и активно вращается вокруг длинной оси. Наружный слой слизи ценобия имеет более плотную консистенцию и называется инволюкрум. Под инволюкрумом в один слой располагаются 16 клеток. Клетки лежат очень плотно, почти доходя до центра ценобия, и вследствие взаимного сдавливания имеют пирамидальную форму. Все клетки ориентированы таким образом, что их задние концы обращены к центру ценобия, а передние — к периферии. Жгутики, отходящие от передних концов клеток, проходят сквозь инволюкрум через находящиеся в нем тончайшие каналы и работой своих свободных частей приводят ценобий в движение.

Рис. 3. Общий вид ценобия: 1 - инволюкрум.

### Порядок ХЛОРОКОККОВЫЕ — *CHLOROCOCCALES*

Порядок объединяет представителей с одноклеточным, ценобиальным и колониальным талломом коккоидной структуры.

Задание 4. Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать клетку и автоспоры хлореллы — *Chlorella vulgaris*.

Если рассматривать живую культуру хлореллы при малом увеличении, клетки ее имеют вид крохотных ярко-зеленых шариков. Переведите микроскоп на большое увеличение и рассмотрите подробно строение клетки. Обратите внимание на клеточную оболочку, которая у старых клеток может быть окрашена в желтоватый цвет. Хлоропласт в клетке

один, массивный, чашевидный, заполняет большую часть клетки. В утолщенном дне хлоропласта четко виден пиреноид со сферой крахмала. В вырезке хлоропласта расположено ядро, видимое только после специального окрашивания. Пройдясь по препарату, можно увидеть наряду с округлыми крупными клетками более мелкие, часто угловатые в очертаниях клеточки, соединенные ослизненными остатками оболочки спорангия (материнской клетки) по 4-8. Это — автоспоры, неподвижные споры хлореллы, служащие для бесполого размножения и являющиеся миниатюрной копией материнской клетки.

Рис. 4. Строение клетки: 1 - оболочка; 2 - хлоропласт; 3 - пиреноид; 4 - сфера крахмала; 5 - ядро.

Рис. 5. Размножение хлореллы: 1 - остатки оболочки спорангия; 2 - автоспоры.

### Порядок УЛЬВОВЫЕ — *ULVALES*

Порядок объединяет виды с многоклеточным талломом нитчатой, разноритчатой, пластинчатой, реже – паренхиматозной структурами.

Задание 5. Рассмотреть на гербарном образце и зарисовать таллом ульвы — *Ulva lactuca*.

Одним из типичных представителей морских форм улотриковых с пластинчатой структурой многоклеточного таллома является ульва. Пластина таллома ульвы может быть различной формы, светло-зеленого цвета, с гофрированными лопастными краями, 10 — 16, иногда до 100 см высотой. В основании пластина сужается, переходит в стебелек, заканчивающийся малозаметной подошвой, прикрепляющей таллом к субстрату.

Рис. 6. Общий вид таллома.

### Порядок КАУЛЕРПОВЫЕ — *CAULERPALES*

Порядок объединяет представителей с неклеточным талломом сифональной структуры, которая сохраняется в течение всего онтогенеза.

Задание 6. Рассмотреть на гербарном образце и зарисовать таллом каулерпы — *Caulerpa prolifera*.

Таллом каулерпы состоит из ползучих, распростертых на грунте частей или ризомов, имеющих вид цилиндрических сифонов. Ризомы тянутся в длину на десятки сантиметров, разветвляются и отчленяют через определенные интервалы вниз ризоиды, а вверх — вертикальные “ветви”. Ризоидов много, на концах они сильно и многократно ветвятся и тем самым обеспечивают плотное прикрепление таллома к любому субстрату. Вертикальные “ветви” имеют уплощенную форму и выполняют роль ассимиляторов; в них сосредоточены дисковидные мелкие хлоропласты и происходит процесс фотосинтеза.

Рис. 7. Общий вид таллома: 1 - вертикальные ветви-ассимиляторы; 2 - ризом; 3 - ризоиды.

## Отдел МИКСОМИЦЕТЫ (СЛИЗЕВИКИ) — *MYXOMYCOTA*

Вегетативное тело слизевиков представлено плазмодием — голой многоядерной плазменной массой, бесцветной или окрашенной. Класс объединяет подавляющее большинство представителей отдела. Это типичные сапротрофы, приспособившиеся к наземному образу жизни и имеющие свободноживущий плазмодий.

Задание 7. На музейных и гербарных образцах познакомиться с наиболее типичными и распространенными представителями класса.

Типичным представителем порядка лицевых (*Liciales*) является ликогала — *Lycogala epidendrum*, встречающаяся часто и повсеместно на мертвой древесине, чаще всего на пнях. Плазмодий кораллово-красный. Спороношения (этелии) круглые, сидячие, образующиеся обычно помногу вместе, до 1,5 см в диаметре. Молодые этелии розовые, с почти гладким перидием, наполнены слизистым содержимым также розового цвета. При созревании этелии буреют, перидий их утончается. Внутри этелиев кроме спор формируется псевдокапиллиций, который при разрушении перидия выступает наружу и способствует разрыхлению споровой массы и рассеиванию спор. Осторожно, влажным кончиком препаровальной иглы, перенесите немного споровой массы в каплю воды на предметное стекло. Накройте покровным стеклом и рассмотрите препарат на разных увеличениях.

Рис. 8. Общий вид спороношения: 1 - молодые этелии; 2 - созревшие этелии; 3 - споры; 4 - псевдокапиллиций.

## Отдел ПЛАЗМОДИОФОРОВЫЕ — *PLASMODIOPHOROMYCOTA*

Задание 8. На музейных образцах и готовых препаратах познакомиться с представителем группы внутриклеточных паразитов растений плазмодиофорой — *Plasmodiophora brassicae*.

Одним из типичных, хорошо изученных представителей класса является плазмодиофора — возбудитель заболевания, известного под названием капустной “килы”. Плазмодиофора поражает представителей семейства крестоцветных – капусту, репу, редьку, турнепс, а также сорные растения – горчицу полевую и редьку дикую (постоянных носителей этой болезни на полях и огородах).

Споры паразита прорастают при наступлении благоприятных условий температуры, влажности и стимулирующем действии веществ, выделяемых корнями соответствующих видов растений. Из спор образуются двужгутиковые зооспоры, которые либо сами заражают растение, либо превращаются в миксамебы, также заражающие растение. Заражение происходит через корневые волоски, где происходит слияние миксамеб (без слияния ядер) и формирование первичного гаплоидного плазмодия. В результате ряда митозов число ядер в таком плазмодии увеличивается и он превращается в гаметангий. Образовавшиеся гаметы выходят в почву и попарно копулируют, образуя подвижную двужгутиковую клетку, которая вновь внедряется в корень и здесь в клетках коревой паренхимы в результате множественного митоза и последующего слияния ядер формируется вторичный диплоидный плазмодий, который и вегетирует в клетках пораженного растения. Присутствие плазмодия

паразита вызывает увеличение размеров клеток (гипертрофию) и усиленное их деление (гиперплазию), при этом плазмодий паразита оказывается и в дочерних клетках. За счет этих процессов на корнях появляются опухоли разнообразной формы, размером от горошины до кулака. В конце вегетационного периода ядра плазмодия редуционно делятся и весь плазмодий распадается на массу мелких спор. При сгнивании корней споры попадают в почву, где сохраняются годами, не теряя способности к прорастанию.

Рассмотрите срез через пораженный корень капусты при малом увеличении. Обратите внимание на сильно увеличенные клетки с темным зернистым содержимым. Это клетки, внутри которых находится паразит. При большом увеличении рассмотрите содержимое пораженных клеток.

Рис. 9. Общий вид пораженного растения.

Рис. 10. Срез через пораженный корень: 1 - здоровые клетки паренхимы корня; 2 - пораженные клетки.

### ЗАНЯТИЕ 3

#### Отдел ООМИЦЕТЫ — *OOMYCOTA*

#### Порядок САПРОЛЕГНИЕВЫЕ — *SAPROLEGNIALES*

Отдел объединяет представителей с хорошо развитым неклеточным мицелием. Бесполое размножение осуществляется при помощи зооспор, половой процесс — оогамный.

Сапролегниевые — широко распространены в пресных разнотипных водоемах (реже в морской воде); развиваются как сапротрофы на органических остатках или паразитируют на водорослях, водных грибах, рыбьей молоди, икре рыб и лягушек, ослабленной рыбе.

Задание 1. На живом и фиксированном материале познакомиться с основными стадиями развития сапролегнии — *Saprolegnia ferax*.

Рассмотрите внимательно общий вид сапролегнии. На различных органических субстратах она образует беловато-серый пушистый налет — это мицелий сапролегнии, ее вегетативное тело, представленное системой тонких нитей — гиф. Отдельный мицелий сапролегнии вместе с субстратом поместите на предметное стекло и, не накрывая покровным стеклом, рассмотрите при малом увеличении. Обратите внимание на то, что вегетативные гифы мицелия слабо ветвятся и не имеют перегородок, т.е. мицелий сапролегнии неклеточный. Концы некоторых гиф булавовидно вздуты и имеют более густое и темное содержимое, которое отделяется перегородкой от остальной гифы. Это — зооспорангии, находящиеся в пределах одного мицелия на разных стадиях созревания. Если внимательно просмотреть весь препарат, то почти всегда можно увидеть в некоторых зооспорангиях движение зооспор и выход их наружу через отверстие на верхушке зооспорангия.

Половые органы сапролегнии можно рассмотреть на фиксированном материале. Оогонии и антеридии образуются на коротких боковых гифах, расположенных ближе к субстрату. Округлые оогонии в зрелом состоянии содержат до 8 темных шаровидных яйцеклеток. Антеридии следует искать рядом с оогониями. Отдельный антеридий представляет собой конечную клетку тонкой антеридиальной гифы. Он имеет

короткоцилиндрическую форму, содержит густую цитоплазму и много ядер. Процесс оплодотворения у сапролегнии происходит следующим образом. Антеридий подрастает, прикладывается к оогонию и через более тонкие места в оболочке оогония — поры — внутрь врастают трубчатые выросты — оплодотворяющие отростки. После разрыва оболочки на вершине отростков часть цитоплазмы антеридия с одним ядром сливается с яйцеклеткой.

Рис. 1. Общий вид мицелия: 1 - вегетативные гифы; 2 - зооспорангий; 3 - зооспоры.

Рис. 2. Половые органы: 1 - оогоний: 1а - яйцеклетки; 1б - поры; 2 - антеридий; 3 - оплодотворяющие отростки.

## Отдел ЗИГОМИЦЕТЫ — *ZYGOMYCOTA*

### Порядок МУКОРОВЫЕ — *MUCORALES*

Отдел объединяет представителей с хорошо развитым неклеточным или в зрелом состоянии разделенным на клетки мицелием. Бесполое размножение спорангиоспорами или конидиями; половой процесс — зигогамия. Мукоровые — наиболее крупный порядок в составе класса.

Задание 2. На живом материале и готовых препаратах познакомиться с основными стадиями развития мукора — *Mucor mucedo*.

Рассмотрите внимательно общий вид мукора на хлебе. Возьмите осторожно пинцетом немного пушистого налета, поместите в каплю воды на предметное стекло, расправьте препаровальной иглой, накройте покровным стеклом и рассмотрите при малом увеличении. В препарате видно большое количество нитей, оканчивающихся шаровидным образованием. Это — спорангиеносцы со спорангиями (мицелий у подавляющего большинства видов сухопутных грибов субстратный). При изготовлении препарата многие спорангии разрушаются, и в капле всегда можно видеть большое количество мелких округлых спорангиоспор, являющихся эндогенными спорами бесполого размножения.

Половой процесс у мукора наблюдается очень редко и получил название зигогамии. Развитие полового процесса начинается с возникновения у вегетативных гиф боковых ответвлений — копулирующих отростков, которые растут навстречу друг другу, соединяясь своими верхушками. При этом в каждом отростке возникает поперечная перегородка, отделяющая небольшую многоядерную клетку — гаметангий. Содержимое гаметангиев сливается в крупную клетку. Последняя увеличивается в размерах, вырабатывает очень толстую темноокрашенную шиповатую оболочку и превращается в многоядерную зигоспору. Копулирующие отростки также увеличиваются в размерах и, оставаясь при зигоспоре, называются подвесками или суспензорами.

Рис. 3. Основные стадии развития: 1 - вегетативные гифы; 2 - спорангиеносец; 3 - спорангий; 4 - спорангиоспоры; 5 - зигоспора; 6 - подвески (суспензоры).

## Отдел АСКОМИЦЕТЫ (СУМЧАТЫЕ ГРИБЫ) — *ASCOMYCOTA*

### Класс ГЕМИАСКОМИЦЕТЫ (ГОЛОСУМЧАТЫЕ) — *HEMIASCOMYCETES*

#### Порядок ЭНДОМИЦЕТОВЫЕ — *ENDOMYCETALES*

Один из крупнейших отделов, включающий около 30% всех известных видов грибов. Основной признак класса — образование в результате полового процесса особых клеток — сумок, или асков, в которых содержится фиксированное число аскоспор (обычно 8). У низших аскомицетов сумки образуются непосредственно на мицелии, у высших — в плодовых телах (аскокарпах) или в аскостромах. Классификация класса базируется на основании отсутствия или наличия плодовых тел и способов их образования. У голосумчатых отсутствуют плодовые тела; сумки (прототуникатные) развиваются непосредственно на мицелии. Для представителей порядка эндомицетовых характерно образование одиночных сумок.

Задание 3. Найти в препарате, рассмотреть и зарисовать мицелий пекарских дрожжей — *Saccharomyces cerevisiae*.

При малом увеличении почкующийся мицелий дрожжей имеет вид множества мелких округлых или овальных клеток. Переведите микроскоп на большое увеличение и рассмотрите клетку — в ней можно различить одну или несколько вакуолей и мелкие блестящие гранулы запасных продуктов. На некоторых клетках можно увидеть вздутия различной величины — это происходит почкование, способ вегетативного размножения дрожжей. Почка растет в размерах и как бы “отшнуровывается” от материнской клетки.

Рис. 4. Общий вид почкующегося мицелия: 1 - материнская клетка: 1а - вакуоль; 1б - запасные гранулы; 2 - почка.

#### Класс ПИРЕНОМИЦЕТЫ – *PYRENOMYCETES*

##### Порядок ЭРИЗИФОВЫЕ (МУЧНИСТОРОСЯНЫЕ) — *ERYSIPHALES*

У эуаскомицетов сумки образуются в настоящих плодовых телах — аскокарпах. Класс пиреномицетов объединяет порядки, представители которых образуют перитеции, реже клейстотеции, с унитуникатными сумками, расположенными пучком или слоем. Представители порядка являются облигатными паразитами с поверхностным мицелием; способны поражать виды из более 130 семейств покрытосеменных растений.

Задание 4. На музейных и гербарных образцах и постоянных препаратах познакомиться с основными стадиями развития сферотеки — *Sphaerotheca mors-uvae*.

Сферотека вызывает болезнь крыжовника, называемую мучнистой росой. Внимательно рассмотрите гербарные и фиксированные образцы листьев и плодов пораженных растений. На разных стадиях поражения на различных частях растения образуются беловатые участки. Осторожно в каплю воды на предметное стекло соскоблите немного беловатого налета, накройте покровным стеклом и рассматривайте при малом увеличении, а затем — при большом. На сплетении вегетативных гиф мицелия можно увидеть большое число коротких, отходящих вертикально вверх веточек — конидиеносцев. От последних отчленяются конидии — экзогенные споры бесполого спороношения. На более поздних стадиях развития паразита пятна на пораженном растении приобретают черный цвет. Приготовьте препарат из черного налета. При малом увеличении очень хорошо видны черные или темно-коричневые образования шарообразной формы, от которых отходят

придатки в виде тонких нитей. Это — клейстотеции, закрытые плодовые тела сферотеки, внутри которых развиваются сумки.

Рис. 5. Общий вид пораженного растения крыжовника.

Рис. 6. Основные стадии развития: 1 - вегетативные гифы; 2 - конидиеносцы; 3 - конидии; 4 - клейстотеции; 5 - придатки; 6 - сумка с сумкоспорами.

#### Порядок КЛАВИЦЕПСОВЫЕ (СПОРЫНЬЕВЫЕ) — *CLAVICIPITALES*

Для спорыньевых характерно образование перитециев в хорошо развитых строммах, состоящих только из гиф гриба. Отличаются строгой органотропной организацией, т.е. развиваются на ограниченных частях растений из семейств злаков и осоковых.

Задание 5. На гербарном и фиксированном материале и постоянных препаратах познакомиться с основными стадиями развития спорыньи — *Claviceps purpurea*.

Рассмотрите предложенные вам колосья ржи. В них помимо нормальных зерновок легко можно увидеть удлинённые в виде рожков темноокрашенные образования. Это — склероции, являющиеся зимующей стадией гриба. По происхождению склероции являются метаморфозом мицелия и представляют собой плотное переплетение гиф. Весной склероции, находящиеся в почве, прорастают несколькими строммами — небольшими образованиями, состоящими из ножки и головки. На поверхности головки стромы в лупу можно увидеть бугорки с выводными отверстиями перитециев. На готовых препаратах рассмотрите внутреннее строение головки стромы. Центральная часть головки состоит из плектенхимы, в которую по периферии погружены перитеции — полуоткрытые плодовые тела кувшинообразной формы, выводные отверстия которых открываются наружу. Поставьте в центр поля зрения один перитеций и рассмотрите его при большом увеличении. В центре перитеция пучком расположены вытянутые в длину сумки с сумкоспорами.

Рис. 7. Общий вид пораженного колоса ржи: 1 - здоровые зерна; 2 - склероций.

Рис. 8. Общий вид проросшего склероция: 1 - склероций; 2 - строма; 2а - головка; 2б - ножка; 2в - выводные отверстия перитециев.

### ЗАНЯТИЕ 4

Отдел БАЗИДИОМИЦЕТЫ — *BASIDIOMYCOTA*

Класс ХОЛОБАЗИДИОМИЦЕТЫ — *HOLOBASIDIOMYCETES*

Подкласс ГИМЕНОМИЦЕТЫ — *HYMENOMYCETIDAE*

Порядок АФИЛЛОФОРОВЫЕ — *APHILLOPHORALES*

Высшие грибы с многоклеточным мицелием. Основной признак отдела — формирование в результате полового процесса особой клетки — базидии, на которой экзогенно формируются 2-4 базидиоспоры. У большинства представителей отдела базидии с базидиоспорами образуются на плодовых телах или внутри них.

Класс объединяет виды с одноклеточной булавовидной или цилиндрической базидией.

Гименомицеты — самая большая группа порядков среди базидиальных грибов; определяет группу наличие на плодовых телах гименофора с гимением.

Порядок афиллофоровых (или непластинчатых) включает грибы, имеющие плодовые тела с гименофором различного типа, кроме пластинчатого. Объединяет 11 семейств.

Задание 1. На гербарных и музейных образцах и постоянных препаратах познакомиться с разнообразием строения плодовых тел представителей разных семейств порядка. Зарисовать.

Семейство телефоровые — *Thelephoraceae*. Типичный представитель семейства телефора — *Thelephora terrestris* — встречается в сухих сосновых лесах и особенно на лесосеках. Ее плодовые тела в виде раковин или почти воронковидные, кожистые, темно-коричневые, с бугорчатым сероватым гименофором.

Рис. 1. Общий вид плодового тела с бугорчатым гименофором.

Семейство трутовиковые — *Polyporaceae* — объединяет грибы-дереворазрушители, вызывающие болезни типа гнилей у различных древесных пород. Форма плодовых тел у трутовиков различна.

Трутовик настоящий — *Fomes fomentarius* — имеет многолетние тела правильной копытообразной формы, с ясно выраженной зональностью, широким основанием и трубчатым гименофором. Гименофор ежегодно образует новые слои. Весной прошлогодние трубочки зарастают слоем мицелия и формируются новые трубочки, начинающие функционировать в начале или в середине лета. Ежегодный прирост гименофора хорошо заметен по зонам на поверхности плодового тела.

Рис. 2. Общий вид плодового тела: 1 - трубчатый гименофор.

Трутовик чешуйчатый — *Polyporus squamosus* — имеет однолетние плодовые тела с дифференцированной боковой ножкой. С нижней стороны шляпки расположен ячеистый гименофор. Молодые плодовые тела чешуйчатого трутовика съедобны.

Рис. 3. Общий вид плодового тела: 1 - шляпка; 2 - ячеистый гименофор; 3 - боковая ножка.

## Порядок АГАРИКОВЫЕ — *AGARICALES*

Порядок объединяет виды с мяскомясистыми плодовыми телами, с центральной ножкой и шляпкой на ней. Реже плодовые тела имеют хрящеватую или кожистую консистенцию и боковую ножку; встречаются сидячие плодовые тела (без ножки). Гименофор пластинчатый или трубчатый, связанный по происхождению с пластинчатым. Порядок объединяет 13-16 семейств (в разных системах).

Задание 2. Рассмотреть и зарисовать строение плодовых тел представителей основных семейств.

У представителей семейства болетовых — *Boletaceae* — плодовые тела не только однолетние, но и эфемерные, существующие всего несколько суток. С нижней стороны



шляпки находится трубчатый гименофор, легко отделяющийся от ткани шляпки. Одним из наиболее известных и распространенных представителей семейства является белый гриб — *Boletus edulis*. Со строением трубчатого гименофора следует познакомиться на постоянных препаратах. При малом увеличении видно, что гименофор состоит из плектенхимы и пронизан отверстиями. Отверстия — это разрезанные поперек трубочки, вся внутренняя поверхность которых выстлана гимением. При большом увеличении можно рассмотреть строение гимения, в состав которого входят базидии со стеригмами и сидящими на них базидиоспорами, парафизы и цистиды, играющие роль распорок между базидиями.

Рис. 4. Общий вид плодового тела: 1 - ножка; 2 - шляпка; 3 - трубчатый гименофор.

Рис. 5. Строение трубчатого гименофора: 1 - плектенхима; 2 - гимений.

Рис. 6. Строение гимения: 1 - парафизы; 2 - цистиды; 3 - базидия; 4 - стеригмы; 5 - базидиоспоры.

Семейство агариковых, или шампиньоновых грибов — *Agaricaceae* объединяет большое число видов, имеющих пластинчатый гименофор. Рассмотрите плодовое тело шампиньона — *Agaricus bisporus*. На ножке имеется кольцо, представляющее остатки частного покрывала — сплетения гиф, прикрывающего формирующийся гименофор у молодых плодовых тел.

Рис. 7. Общий вид плодового тела: 1 - пластинчатый гименофор; 2 - кольцо.

Представителем семейства аманитовых — *Amanitaceae* — является хорошо известный и широко распространенный мухомор красный — *Amanita muscaria*. При знакомстве с плодовыми телами этого гриба обращают на себя внимание белые хлопьевидные образования на верхней стороне шляпки и вздутое основание ножки с обрывками белой пленки. У мухомора, в отличие от шампиньона, помимо частного, имеется и общее покрывало, одевающее все молодое плодовое тело. Вначале такое плодовое тело имеет вид беловатого или сероватого яйца. Затем ножка вытягивается, вынося вверх шляпку, покрывало разрывается и остается в виде чашевидного влагалища или вольвы, у основания ножки и хлопьевидных чешуек на поверхности шляпки.

Рис. 8. Общий вид плодового тела: 1 - пластинчатый гименофор; 2 - кольцо; 3 - вольва; 4 - чешуйки.

Строение пластинчатого гименофора рассмотрите на постоянных препаратах. Поперечный разрез через пластинчатый гименофор напоминает гребень, зубцы которого — это разрезанные поперек пластинки. Сами пластинки состоят из особой стерильной ткани — трамы. Поверхность пластинок покрыта гимением, в состав которого входят базидии, парафизы, цистиды.

Рис. 9. Строение пластинчатого гименофора: 1 - трама; 2 - гимений.

### Подкласс ГАСТЕРОМИЦЕТЫ — *GASTEROMYCETIDAE*

Подкласс 8 порядков, объединяющих виды с ангиокарпными плодовыми телами, закрытыми до полного созревания базидиоспор. Выделение порядков основано на типах развития и расположения спороносного слоя в глебе, а также времени и способах обнажения глебы. В подавляющем большинстве – почвенные сапротрофы.

Задание 3. Рассмотреть и зарисовать строение плодовых тел представителей разных порядков.

Типичным представителем порядка дождевиковых — *Lycoperdales* — является дождевик шиповатый — *Lycoperdon perlatum*. Он имеет белые грушевидные плодовые тела, съедобные в молодом состоянии. Сверху плодовое тело покрыто оболочкой — перидием, который разрывается на вершине при полном созревании плодового тела. Стерильное основание плодового тела вытянуто в ножку, верхняя расширенная часть занята глебой — особой тканью, в которой формируются и созревают базидиоспоры. Белая глеба молодых плодовых тел по мере созревания базидиоспор вначале желтеет (в этой стадии гриб уже несъедобен!), а затем приобретает оливково-бурую окраску.

Рис. 10. Общий вид плодового тела: 1 - ножка; 2 - перидий; 3 - глеба.

К ядовитым грибам относится представитель порядка ложнодождевиковых грибов — *Sclerodermatales* — ложнодождевик обыкновенный — *Scleroderma aurantium*. Он имеет шаровидные, почковидные или клубневидные сидячие плодовые тела. Перидий толстый, плотнокожистый, трещиноватый, свинцово-серый или серовато-коричневый. Глеба сначала желтовато-белая, затем — фиолетово-черная, в зрелости — оливково-серая с беловатыми прожилками, т.е. имеет на разрезе как бы мраморный рисунок, чем отличается от настоящих дождевиков. Прожилки представляют собой бесплодные участки трамы, долго сохраняющей плотную консистенцию.

Рис. 11. Общий вид плодового тела: 1 - перидий; 2 - глеба; 3 - трама.

### Класс ТЕЛИОСПОРОМИЦЕТЫ — *TELIOBASIDIOMYCETES*

#### Порядок ГОЛОВНЕВЫЕ — *USTILAGINALES*

Класс включает базидиальные грибы, у которых базидия вырастает из толстостенной покоящейся клетки — телиоспоры. В цикле развития телиоспора выполняет функцию зимующей стадии, в которой гриб переносит неблагоприятные условия.

Головневые грибы являются облигатными паразитами и поражают различные цветковые растения, в том числе и важные в пищевом отношении. Пораженные части растений выглядят как обугленные или покрытые сажей. Поэтому заболевания, вызываемые головневыми грибами, носят название “головня”. Пути заражения головневыми грибами различны.

Задание 4. Рассмотреть и зарисовать растения, пораженные разными представителями порядка. Составить схемы циклов развития с обозначением смены ядерных фаз для головневых грибов с инфекцией через воздух, через почву и пузырчатой головни.

Заражение через воздух в период цветения и формирования зерновки характерно для возбудителя пыльной головки пшеницы — *Ustilago tritici* и пыльной головки овса — *Ustilago avenae*. Рассматривая пораженные растения, можно видеть, что у колоса остаются только осевая часть и деформированные колосковые чешуи после распыления массы телиоспор, сформировавшихся вместо зерновок.

Заражение через почву при одновременном прорастании зерна и спор паразита характерно для возбудителей твердой головки пшеницы — *Tilletia caries*. При поражении твердой головней, в отличие от пыльной, общий облик колоса сохраняется, так как сохраняются покровы зерновок, и телиоспоры, замещающие в пораженной зерновке эндосперм, высвобождаются после созревания только при механическом разрушении покровов (при обмолоте в период уборки урожая).

Для пузырчатой головки кукурузы — *Ustilago zae* — характерно местное заражение разных органов в течение всего вегетационного периода, но преимущественно заражаются молодые растущие ткани. Болезнь проявляется в виде местного разрастания тканей, так называемых галлов. Могут поражаться отдельные зерновки в початках, мужские цветки в метелках. Пораженных зерновок, достигающих иногда размеров кулака, может быть много, и в этом случае весь початок уродливо разрастается.

Рис. 12. Общий вид пораженных растений.

#### Порядок РЖАВЧИННЫЕ — *UREDINALES*

Порядок объединяет облигатных паразитов высших растений, вызывающих местное поражение листьев и стеблей в виде пятен или полос ржаво-бурого цвета. Характерными отличительными особенностями представителей порядка является также чередование в жизненном цикле нескольких видов спороношений (плеоморфизм), смена растений-хозяев в процессе развития.

Задание 5. На гербарных образцах и постоянных препаратах познакомиться с основными стадиями развития возбудителя стеблевой (линейной) ржавчины злаков — *Puccinia graminis*.

Получив гербарий, обратите внимание на оранжевые пятна на верхней стороне листьев барбариса. Это весеннее спороношение гриба, представляющее собой бутылковидные структуры, погруженные в ткани листа — пикниды. В пикнидах формируются гаплоидные пикноспоры. На нижней стороне листа барбариса формируется еще одно спороношение гриба — эцидий, в котором образуются дикарионтические эцидиоспоры. Незрелый эцидий имеет округлую форму и покрыт перидием, который вскрывается при созревании эцидия, при этом эцидиоспоры попадают во внешнюю среду. Для дальнейшего развития гриба необходимо, чтобы эцидиоспоры попали на растения из семейства злаков. На листьях злаков поражение имеет вид полосок ржаво-бурого или черно-бурого цвета, в зависимости от времени сбора материала. Полоски ржаво-бурого цвета наблюдаются в течение лета и формируются массой уредоспор. Это дикарионтические одноклеточные споры, окрашены в оранжевый цвет, при массовом развитии разрывают

эпидермис и разносятся ветром, способствуя развитию эпифитотии. К концу лета окраска пораженных участков листьев злаков становится черно-бурой, так как летнее уредоспороношение сменяется на том же мицелии зимующим телейтоспороношением.

Рис. 13. Разрез через пораженный лист барбариса: 1 - ткань листа; 2 - пикниды; 3 - молодой эцидий; 4 - зрелый эцидий: а - перидий; б - базальные клетки; в - эцидиоспоры.

Рис. 14. Пораженный лист злака с уредоспороношением.

Рис. 15. Пораженный лист злака с телейтоспороношением.

## ЗАНЯТИЕ 5

Отдел ЛИШАЙНИКИ — *LICHENOPHYTA*

Класс СУМЧАТЫЕ ЛИШАЙНИКИ — *ASCOLICHENES*

Задание 1. Рассмотреть и зарисовать талломы представителей различных морфологических групп.

В морфологическом отношении лишайники принято делить на 3 основные группы: накипные, листоватые и кустистые; между этими группами есть и переходные формы. С накипными лишайниками познакомимся на примере вида *Rhizocarpon geographicum*, таллом которого имеет вид корочки, плотно сросшейся с субстратом. Развивается ризокарпон на гранитных горных породах в виде зеленовато-желтой корочки. При рассмотрении этой корочки в бинокулярную лупу хорошо видно, что таллом разделен маленькими трещинами на отдельные площадочки, так называемые ареолы. Такой таллом является ареолированным и встречается он только на каменистом субстрате (ареолированная структура позволяет ослаблять напряжения, возникающие при резких перепадах температуры в течение суток). На периферии таллома и между ареолами хорошо виден черный слой — подслоевище. Подслоевище образовано темноокрашенными толстостенными грибными гифами, оно никогда не содержит клеток водорослей и служит для прикрепления к субстрату.

Рис. 1. Общий вид таллома: 1 - ареолы; 2 - подслоевище; 3 - субстрат.

Для листоватых лишайников наиболее характерна округлая форма таллома в виде листовидной пластинки, распростертой на субстрате. Одной из наиболее широко распространенных и часто встречающихся листоватых лишайников является ксантория — *Xanthoria parietina*. Талломы ксантории имеют вид оранжево-желтых розеток с большим числом более темных апотециев в центре. Встречается ксантория на различных субстратах, чаще на гладкоствольных породах деревьев. Это нитрофильный лишайник, весьма выносливый к загрязненности воздуха, поэтому может встречаться и в городах.

Рис. 2. Общий вид таллома: 1 - апотеции; 2 - субстрат.

Высшим этапом морфологической эволюции таллома у лишайников являются талломы кустистых форм в виде прямостоячего или повисающего кустика. Представитель кустистых форм — уснея — *Usnea longissima*, встречается как эпифит на коре и ветвях деревьев. Таллом желтовато-зеленый, кустистый, повисающий, может достигать в длину 1 —

2 м, прикрепляется к субстрату при помощи гомфа. Механическую прочность таллому придает осевой цилиндр, образованный плотным переплетением гиф микобионта. Представители рода уснея богаты усниновой кислотой, обладающей сильными антибиотическими свойствами; это послужило основанием для использования усней как сырья для получения ряда препаратов.

Рис. 3. Общий вид таллома: 1 - субстрат; 2 - гомф.

Задание 2. На постоянных препаратах рассмотреть и зарисовать анатомическое строение таллома лишайников.

В зависимости от анатомического строения у лишайников различают два типа таллома: 1) гомеомерный таллом, когда клетки фикобионта равномерно разбросаны по всей толще таллома; 2) гетеромерный таллом, когда клетки фикобионта формируют в талломе обособленный слой. Для гетеромерного таллома характерно также наличие анатомических слоев, сформированных микобионтом: верхнего и нижнего корового слоя, сердцевины.

На поперечном разрезе через гомеомерный таллом при малом увеличении хорошо видно, что таллом образован беспорядочным переплетением гиф микобионта, среди которых разбросаны отдельные клетки или короткие нити фикобионта. Такое строение наиболее характерно для видов, фикобионтом которых являются синезеленые водоросли. Эти лишайники образуют группу, известную под названием слизистых лишайников, поскольку при увлажнении таллома они сильно разбухают, ослизняются и приобретают характер желе или студня. В образовании общей слизи участвуют как фикобионт, так и микобионт.

Рис. 4. Строение гомеомерного таллома: 1 - общая слизь; 2 - клетки фикобионта; 3 - гифы микобионта.

Для подавляющего большинства лишайников характерен гетеромерный тип строения, при котором в талломе можно различить дифференцированные слои. На постоянных препаратах эти слои видны уже при малом увеличении. Самый верхний окрашенный слой, или верхняя кора состоит из плотного сплетения грибных гиф и по своему происхождению представляет собой плектенхиму. Внутри от верхней коры гифы микобионта расположены более рыхло и между ними, непосредственно под верхней корой находятся многочисленные шаровидные одиночные клетки фикобионта, составляющие зону водорослей или альгальный слой. Под этой зоной рыхло располагается масса бесцветных ветвящихся гиф, образующих большие промежутки, это — сердцевина. И, наконец, внизу расположена нижняя кора, похожая по окраске и строению на верхнюю кору. Пройдитесь по препарату и найдите темноокрашенные пучки, отходящие от нижней коры. Это — ризины, плотно соединенные гифы микобионта с темноокрашенными утолщенными оболочками.

Рис. 5. Строение гетеромерного таллома: 1 - верхняя кора; 2 - альгальный слой; 3 - сердцевина; 4 - нижняя кора; 5 - ризины.

Для кустистых лишайников с цилиндрическим талломом (сцифовидный, палочковидный и т.д.) характерно радиальное строение. Под корой, одевающей снаружи ветви такого таллома, лежит альгальный слой, состоящий из клеток фикобионта, а внутрь от него расположены сердцевина — слой из рыхло переплетенных гиф микобионта и центральный тяж.

Рис. 6. Радиальное строение таллома: 1 - верхняя кора; 2 - альгальный слой; 3 - сердцевина; 4 - центральный тяж.

Задание 3. На постоянных препаратах рассмотреть и зарисовать строение апотециев.

Микобионт лишайников сохраняет способность к половому размножению и формированию плодовых тел. В отличие от свободноживущих грибов у лишайников эти процессы протекают в течение многих лет и отличаются своеобразием. Чаще всего на поверхности таллома образуются апотеции. По строению различают два основных типа апотециев: леканоровый и лецидеевый.

Леканоровый апотеций по своему анатомическому строению сходен с талломом лишайника. Его диск имеет слоевищный край, образованный талломом лишайника и состоящий из гиф микобионта и клеток фикобионта. В самом талломе под леканоровым апотецием также имеются клетки водоросли. Верхняя часть апотеция — эпитеций, где концентрируются верхушки парафиз — прикрывает теций, или гимениальный слой, состоящий из сумок и парафиз. Под тецием развивается гипотеций — субгимениальный слой, где закладываются сумки.

Рис. 7. Строение леканорового апотеция: 1 - таллом лишайника; 2 - слоевищный край; 3 - эпитеций; 4 - теций; 4а - сумки, 4б - парафизы; 5 - гипотеций.

Для лецидеевого апотеция характерно развитие собственного края, состоящего только из гиф микобионта и окрашенного в тот же цвет, что и диск апотеция. В этом крае, а также в талломе под лецидеевым апотецием отсутствуют клетки фикобионта. Лецидеевые апотеции имеют твердую консистенцию и обычно темную окраску. Строение эпитеция, теция и гипотеция аналогично строению этих слоев у леканорового апотеция.

Рис. 8. Строение лецидеевого апотеция: 1 - таллом лишайника; 2 - эпитеций; 3 - теций; 3а - сумки, 3б - парафизы; 4 - гипотеций.

## 8. Учебная практика

Учебная практика является заключительной частью общего курса и ставит своей целью закрепление знаний, полученных на лекциях и лабораторных занятиях. В ходе практики студенты приобретают практические умения и навыки, осваивают основные методические приемы работы в природе с растительными объектами, учатся распознавать растения в естественной среде их обитания. Практика проводится на базе биологической станции ХГУ (с. Гайдары, Змиевский р-н). Расположение биостанции дает возможность познакомить студентов с разнообразием флоры низших и высших растений, а также с наиболее типичными фитоценозами лесостепной зоны Украины. Экскурсии в нагорную дубраву и бор, на остепненные склоны и пойменные луга, байрачный лес и окультуренные участки, знакомство с жизнью реки, пойменных, лесных и террасных водоемов — все это закрепляет знания, полученные в лабораториях, позволяет глубже проникнуть в жизнь окружающего мира растений, дает полноценное общение с природой.

Практика по низшим растениям имеет следующие цели и задачи:

- изучение водоема как целостной экологической системы; изучение видового состава водорослей в соответствии с морфометрическими и типологическими особенностями водоема;
- знакомство с представителями съедобных и ядовитых грибов, а также паразитических форм грибов дубравы и бора; выявление экологических особенностей и биологических связей миксомицетов и грибов с другими компонентами лесных биогеоценозов;
- знакомство с морфологическим разнообразием и основными экологическими группами лишайников в окрестностях биостанции.

Учебные занятия в период практики проводятся в двух формах: экскурсии в природу и лабораторные занятия. Во время экскурсии каждый студент должен иметь при себе: 1) тетрадь-дневник или блокнот в твердом переплете для записей полевых наблюдений и объяснений, даваемых преподавателем на экскурсии; 2) графитный карандаш на шнурке; 3) этикетки; 4) карманную лупу; 5) нож для срезания веток и прочих надобностей (один на двоих). Кроме того, необходимо иметь небольшую сумку или рюкзак, в который можно положить мелкие предметы снаряжения, полиэтиленовые пакеты и пустые коробки и банки разного размера для упаковки собранных образцов. При необходимости, по указанию преподавателя на экскурсию берется дополнительное снаряжение.

По итогам работы студент оформляет дневник практики, в котором приводит систематические списки найденных видов растений, рисунки и описания наиболее интересных в практическом отношении представителей. Для оформления дневника практики следует иметь блокнот и альбом, а также пишущие и рисовальные принадлежности.

Примечание. В период прохождения практики студенты обязаны строго соблюдать правила техники безопасности при работе в лесу и на водоеме, не уходить самостоятельно с экскурсии, не отрываться от группы в поисках интересных объектов, без разрешения преподавателя не пробовать на вкус, не срывать и не выкапывать растения.

## **Экскурсия на водоемы**

Программой практики предусматривается две водные экскурсии: на реку Северский Донец и пойменные озера и болота, сельские пруды, отличающиеся не только размерами, очертанием, глубиной и подвижностью воды, но и некоторыми другими особенностями, которые характеризуют водоем как среду обитания растительного населения. В водоемах различного типа, а также в разных участках одного и того же водоема при определенном сочетании экологических условий складывается своеобразная водная растительность, состоящая из прибрежных зарослей и водных растительных сообществ.

Во время экскурсии обращается внимание на разнообразие видового состава высшей водной растительности, зональность ее размещения в зависимости от глубины водоема. Отмечаются также и другие особенности водных растений: гетерофилия, развитие аэренхимы, метаморфозы органов; непосредственно на водоеме заносятся в дневник морфологические данные об отдельных видах растений. При сборе материала для лаборатории следует иметь в виду, что водные растения, вынутые из воды, очень быстро увядают. Поэтому все водные растения помещают в ведра с водой; земноводные растения сразу укладывают в папки или большие полиэтиленовые кульки, снабдив этикеткой с указанием места сбора.

Во время водных экскурсий параллельно с изучением высших водных растений производится отбор альгологических проб для дальнейшего изучения в лаборатории. Пробы фитопланктона, перифитона и фитобентоса берутся из реки и ее заливов, пойменных озер и болот, стариц и прудов.

## **Грибы и лишайники широколиственного леса (дубравы)**

В дубраве преобладают эпифитные лишайники. При их осмотре следует обращать внимание на морфологический тип таллома, его цвет, жизненное состояние, наличие или отсутствие апотециев, а также соредиев и изидиев. Все эти данные отмечаются в дневнике, туда же заносятся сведения о породах деревьев, на которых встречается тот или иной вид лишайника. Образцы лишайников для определения их видов в лаборатории отбираются только с разрешения преподавателя. Некоторые виды лишайников в дубраве могут развиваться в прикорневой части ствола, а также на пнях, поэтому следует внимательно осматривать и эти объекты.

Из грибов прежде всего обращают на себя внимание макромикеты — сборная группа видов, характеризующихся наличием плодовых тел достаточно крупных размеров. Прежде чем снимать плодовое тело с субстрата, необходимо его внимательно осмотреть и записать в дневник сведения о форме основания ножки, наличии вольвы и кольца, а также слизи или легко стирающегося налета на поверхности шляпки, цвете кожицы, мякоти и гименофора, его изменении на разрезе и при надавливании, наличии млечного сока, его цвете. Плодовое тело освобождают из субстрата, легко поворачивая его вокруг оси несколько раз. Оставшуюся ямку нужно слегка притоптать. Каждое плодовое тело следует упаковать



отдельно в лист тонкой белой бумаги. Для одного вида нужно собрать не только вполне развернувшиеся, но и молодые плодовые тела.

Помимо макромицетов, необходимо внимательно осматривать валежник, пни, листья и стебли трав и кустарников, обращая внимание на различные образования, пятна и налеты, которые могут быть сапрофитными или паразитными формами грибов, не входящими в группу макромицетов. Все собранные образцы аккуратно запаковывают в бумагу и укладывают в мешки или сумки.

### **Грибы и лишайники бора**

В бору, в отличие от дубравы, преобладают эпигейные лишайники, обитающие на почве. Не выдерживая конкуренции травянистой растительности, лишайники поселяются на наиболее бедных участках почвы, образуя в некоторых местах сплошной покров. Найдя куртину лишайников, необходимо внимательно рассмотреть ее, так как она может состоять из нескольких видов. По указанию преподавателя следует отобрать образцы для лаборатории. Перед этим важно провести их внимательный осмотр и занести в дневник данные о морфологии таллома и его окраске, наличии апотециев, соредиев и изидиев. Для представителей рода *Cladonia* отмечается наличие и морфология первичного таллома. Наряду с эпигейными проводится сбор и эпифитных лишайников, которые также встречаются в бору, хотя и реже. Но именно здесь могут быть сделаны интересные находки таких видов, как *Ramalina*, *Usnea*.

Сбор макромицетов проводится с соблюдением указанных выше правил. В бору чаще встречаются и разнообразнее представлены дождевиковые грибы. Внимательно осматриваются пни, валежник и опад, потому, что здесь помимо типичных грибов могут встретиться различно окрашенные и разнообразной формы спороношения миксомицетов. Молодые слизистые спороношения миксомицетов во избежание деформации лучше помещать в спичечные коробки или другие емкости с плотными стенками и крышкой.

### **Обработка собранного материала**

Обработка материала, собранного во время экскурсий, проводится в лаборатории. Перед началом лабораторного занятия преподаватель знакомит студентов со справочной литературой о данной группе растений, а также методикой работы с определителями. Далее студенты самостоятельно разбирают материал и определяют его. При окончательном определении видов студенты проверяют правильность определения по спискам (см. прил. 3).

Обработка альгологических проб проводится в живом состоянии последовательно по экологическим группам и водоемам. В первую очередь обрабатываются пробы фитопланктона, затем перифитона и фитобентоса. При работе с микроскопом студенты используют приемы и навыки, усвоенные в ходе учебного семестра (прил. 2). Полученные результаты определения водорослей оформляются как систематический список в виде таблицы:

Таксоны	Планктон				Перифитон			
	река	озеро	бол.	пруд	река	озеро	бол.	пруд

Для наиболее интересных или массовых видов водорослей приводятся рисунки и краткие описания. Для макроскопических видов водорослей в дневнике рядом с описанием могут быть прикреплены засушенные образцы (нити кладофоры, трубчатые талломы энтероморфы, сеточки гидродикциона).

Обработка материала по высшим водным растениям завершается составлением списка по экологическим группировкам. При этом для каждого вида приводится краткая характеристика его практического использования и хозяйственного значения.

Определение грибов завершается составлением систематического списка с указанием биологических и экологических особенностей, местообитания в окрестностях биостанции и практическое значение. Для грибов-паразитов обязательно указывается: организм-хозяин, болезнь, пути инфекции и меры борьбы.

В систематическом списке найденных видов лишайников для каждого вида отмечаются морфологические и анатомические особенности таллома, наличие или отсутствие плодоношения, а также местообитание и субстрат.

## 9. Курсовые работы

Успешное выполнение курсовой работы во многом зависит от того, насколько четко студент представляет себе основные требования, предъявляемые к ней. Эти требования относятся прежде всего к теоретическому уровню работы, ее содержанию, структуре, объему, форме изложения материала, а также к ее оформлению.

Оформлению работы должно быть уделено серьезное внимание. Выполнение студентом всех требований к оформлению вырабатывает у него определенный стиль работы, воспитывает высокую требовательность к себе, прививает навыки ведения научной работы.

Учебным планом предусмотрено выполнение двух курсовых работ: теоретической и практической.

Теоретическая курсовая работа является одной из важнейших форм самостоятельной работы студентов, в процессе выполнения которой студенты приобретают умения и навыки проведения научного исследования. Теоретические курсовые работы по общим дисциплинам носят в основном литературно-реферативный характер и представляют собой обзор литературы по определенной проблеме. Объем теоретической курсовой работы 20-30 страниц машинного текста. При оценке курсовой работы учитывается не только качество самой работы, характер изложения материала, но и ее оформление.

Титульный лист – обязательный элемент любой курсовой работы. С титульного листа начинается нумерация страниц, но страницу на нем не ставят. Наименование вуза, в котором выполнялась курсовая работа, пишут полностью. Никакие сокращения в названии работы не допускаются (прил. 4).

За титульным листом располагают оглавление (прил. 5). Принцип составления оглавления зависит от содержания работы. Вся работа делится на смысловые части, заголовки которых называют рубриками. В курсовых работах рекомендуются тематические рубрики, определяющие содержание раздела.

В оглавлении рубрики должны точно соответствовать заголовкам текста. В конце каждой графы оглавления (часто через отточие) проставляют номер страницы, на которой напечатана данная рубрика в тексте.

Список литературы к курсовой работе (прил. 6), как правило, включает библиографическое описание документов, использованных автором при работе над темой. Оформляя список литературы, необходимо соблюдать требования государственного стандарта на библиографическое описание документа. Материал в библиографическом списке должен располагаться в алфавитном порядке.

Практическая курсовая работа представляет собой самостоятельно проведенное студентом обследование водоема и отбор альгологической пробы. В курсовой работе должно быть приведено: общая характеристика водоема; схема водоема по результатам глазомерной съемки; описание и фотографии пункта сбора материала. Примерная схема описания водоема – в приложении 7.

## Устройство биологического микроскопа МБР-1 (или Биолам) и назначение его частей.

### Правила работы с микроскопом.

Биологический микроскоп — это оптический прибор, с помощью которого можно получить увеличенное обратное изображение изучаемого объекта и рассмотреть мелкие детали его строения, размеры которых лежат далеко за пределами разрешающей способности глаза. Устройство и эксплуатация оптического микроскопа довольно просты. Однако неумелое или невнимательное пользование этим прибором влечет за собой его порчу. Поэтому необходимо хорошо усвоить, из каких частей состоит микроскоп и их назначение. Следует строго соблюдать правила работы с микроскопом.

Возьмите микроскоп, найдите все перечисленные ниже части и запомните их название, назначение и устройство.

В микроскопе выделяют две системы: оптическую и механическую. К **оптической системе** относят объективы, окуляры и осветительное устройство.

Объектив — одна из важнейших частей микроскопа, поскольку он определяет полезное увеличение объекта. Объектив состоит из металлического цилиндра с вмонтированными в него линзами, число которых может быть различным. В верхней части объектива имеется винтовая нарезка, с помощью которой его ввинчивают в гнездо револьвера. Увеличение объектива обозначено на нем цифрами. В учебных целях используются обычно объективы  $\times 8$  и  $\times 40$ . Следует всегда помнить о необходимости бережного отношения с объективами. Особой аккуратности требует работа с объективами большого увеличения, поскольку у них рабочее расстояние, т.е. расстояние от покровного стекла до фронтальной линзы, измеряется десятymi долями миллиметра.

Качество изображения, особенно при объективах большого увеличения, зависит также от толщины предметного и покровного стекол.

Окуляр состоит из 2-3 линз, вмонтированных в металлический цилиндр. Увеличение окуляров обозначено на них цифрами:  $\times 7$ ,  $\times 10$ ,  $\times 15$ . Для определения общего увеличения микроскопа следует умножить увеличение объектива на увеличение окуляра.

Осветительное устройство состоит из зеркала и конденсора с ирисовой диафрагмой, расположенных под предметным столиком. Оно предназначено для освещения объекта пучком света. Зеркало служит для направления света через конденсор и отверстие предметного столика. Оно имеет две поверхности: плоскую и вогнутую. При работе с рассеянным светом обычно используют вогнутое зеркало. Конденсор состоит из 2-3 линз, вставленных в металлическую оправу. При подъеме или опускании его с помощью специального винта соответственно конденсируется или рассеивается свет, падающий от зеркала на объект. Ирисовая диафрагма расположена между зеркалом и конденсором. Она служит для изменения диаметра светового потока, направляемого зеркалом через конденсор на объект в соответствии с диаметром фронтальной линзы объектива, и состоит из тонких металлических пластинок. С помощью рычажка их можно то соединить, полностью закрывая нижнюю линзу конденсора, то развести, увеличивая поток света. Кольцо с матовым стеклом или светофильтром уменьшает освещенность объекта. Оно расположено под диафрагмой и передвигается в горизонтальной плоскости.

**Механическая система** микроскопа состоит из подставки, коробки с микрометренным механизмом и микрометренным винтом, тубусодержателя, винта грубой наводки, кронштейна конденсора, револьвера, предметного столика.

Микрометрический винт (или микровинт) служит для незначительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива на расстояния, измеряемые микрометрами. Полный оборот микрометрического винта передвигает тубусодержатель на 100 мкм, а поворот на одно деление опускает или поднимает тубусодержатель на 2 мкм. Во избежание порчи микрометрического механизма микровинт разрешается вращать в одну сторону не более чем на пол-оборота.

Тубус — цилиндр, в который сверху вставляют окуляры. Тубус подвижно соединен с головкой тубусодержателя, его фиксируют стопорным винтом в определенном положении; ослабив стопорный винт, тубус можно повернуть или снять.

Револьвер предназначен для смены объективов, которые ввинчены в его гнезда. Центрированное положение объектива обеспечивает защелка, расположенная внутри револьвера.

Винт грубой наводки (или макровинт) используют для значительного перемещения тубусодержателя, а, следовательно, и объектива с целью фокусировки объекта при малом увеличении.

Предметный столик предназначен для расположения на нем перпарата. В середине столика имеется круглое отверстие, в которое входит фронтальная линза конденсора. У МБР-1 предметный столик круглый, на нем лежит подвижный диск. По сторонам столика расположены два винта, с помощью которых производят центрирование диска, вращением его вокруг оси и передвижением по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Если столик отцентрирован, диск закрепляется стопорным винтом.

**Правила работы.** При работе с микроскопом соблюдаются следующие правила и последовательность операций.

1. Ставят микроскоп у края стола так, чтобы окуляр находился против левого глаза, и в течение работы его не передвигают. Тетрадь и все предметы, необходимые для работы, располагают справа от микроскопа.

2. Открывают полностью диафрагму, поднимают конденсор в крайнее верхнее положение, чтобы его фронтальная линза была расположена вровень с предметным столиком. Если столик не отцентрирован, его передвигают с помощью винтов так, чтобы линза конденсора находилась в центре отверстия столика. (У микроскопов с квадратным неподвижным столиком эта операция не проводится — у них столик отцентрирован фабрично и постоянно находится в центральном положении).

3. Ставят объектив  $\times 8$  в рабочее положение — на расстояние примерно 1 см от предметного столика. Работу с микроскопом **всегда** начинают с малого увеличения.

4. Глядя левым глазом в окуляр и пользуясь вогнутым зеркалом направляют свет от окна (но не прямой солнечный) или электрической лампы в объектив и максимально и равномерно освещают поле зрения. Правый глаз оставляют открытым, так как при закрытом правом глазе вся нагрузка приходится на левый глаз, и это может быстро вызвать переутомление глазных мышц.

5. Кладут препарат на предметный столик (изучаемый объект должен находиться под объективом) и, глядя сбоку, опускают объектив при помощи макровинта так, чтобы между фронтальной линзой объектива и препаратом было расстояние 4-5 мм.

6. Глядя левым глазом в окуляр и вращая макровинт **на себя (!)** плавно поднимают объектив до положения, при котором хорошо видно изображение объекта. Передвигая препарат рукой, находят нужное место объекта, располагают его в центре поля зрения. **Нельзя** смотреть в окуляр и опускать объектив, вращая макровинт от себя, так как при этом фронтальная линза может раздавить препарат и на ней появятся царапины.

7. Добиваются большей четкости изображения, приведя в соответствие диаметры пучка света, попадающего в объектив и, фронтальной линзы объектива. Для этого вынимают окуляр и, глядя в тубус, медленно закрывают отверстие диафрагмы до тех пор, пока ее края появятся на границе выходного зрачка объектива. При слишком сильном освещении увеличивают контрастность изображения опусканием конденсора.

8. Для изучения какого-либо участка объекта при большом увеличении ставят этот участок в центре поля зрения, передвигая препарат рукой. После этого, **не поднимая тубуса (!)**, поворачивают револьвер так, чтобы объектив  $\times 40$  занял рабочее положение. Смотрят в окуляр, изображение будет нечетким. С помощью микровинта добиваются хорошей видимости изображения объекта. Следует помнить, что микровинт можно вращать в одну сторону не более чем на полоборота. На коробке микрометричного механизма имеются две риски, а на микровинте — точка, которая должна все время находиться между рисками. Если она выходит за их пределы, ее необходимо возвратить в нормальное положение. При несоблюдении этого правила микровинт может перестать действовать. Тогда его возвращают в нормальное положение, вращая в противоположную сторону.

Если же при установке объектива  $\times 40$  изображение отсутствует, добиваются его **осторожным** вращением макровинта **на себя**. И лишь после этого производят фокусировку объекта с помощью микровинта.

9. После окончания работы с большим увеличением поворачивают револьвер, устанавливая малое увеличение и снимают препарат. **Нельзя (!)** вынимать препарат из-под объектива  $\times 40$ , так как рабочее расстояние его равно 0.6 мм и легко можно испортить фронтальную линзу.

10. После окончания работы с микроскопом, его приводят в транспортное положение. Для этого поворачивают револьвер, устанавливая его на пустое гнездо и опускают тубус вниз до упора.

## Основные правила техники безопасности при полевых работах

### I. При пользовании транспортом з а п р е щ а е т с я :

- 1) Перегрузка автомашин и лодок.
- 2) Курение на автомашинах и в лодках.
- 3) Во время движения категорически з а п р е щ а е т с я :
  - ⇒ оставлять незакрытыми борта автомашины;
  - ⇒ виснуть на подножках;
  - ⇒ садиться и прыгать на ходу;
  - ⇒ сидеть на бортах машин, крыльях, крышах кабин;
  - ⇒ стоять в кузовах;
  - ⇒ ездить на автомобилях-самосвалах, автомобилях-цистернах, грузовых прицепах;
  - ⇒ проезд на сиденьях рядом с водителем сверх количества мест, предусмотренных технической характеристикой транспортного средства.

Перевозка студентов в грузовых автомобилях разрешается при соблюдении следующих требований:

- ⇒ в кузове должен быть назначен старший, обеспечивающий соблюдение пассажирами требований (его фамилия должна быть записана в путевом листе); все едущие обязаны выполнять распоряжения водителя и старшего по соблюдению правил дорожного движения;
- ⇒ кузов должен быть оборудован удобными сидениями;
- ⇒ число перевозимых людей не должно превышать числа оборудованных для сидения мест;
- ⇒ в автомобиле обязательно наличие вне кабины легкового огнетушителя.

### II. Организация временных баз и бивуаков.

Для установки лагеря необходимо выбрать сухое, защищенное от ветра и не подверженное стихийным бедствиям место. Место для установки палаток выбирается, как правило, не ближе, чем в 20 м от уреза воды. Спуск к воде с высокого берега должен быть безопасным в любое время года и при любой погоде.

Начинать устройство лагеря необходимо не позже, чем за 1-2 часа до наступления темноты.

Ежедневно назначается ответственный дежурный по лагерю, отвечающий за безопасность, порядок и дисциплину в лагере.

Устанавливать лагерь и проводить работы на территории лесного фонда можно только после регистрации в лесхозе, которому принадлежит данная территория.

З а п р е щ а е т с я проводить выжигание площадки для лагеря, особенно в степных и таежных районах.

Палатки должны прочно закрепляться кольями и окапываться канавкой для стока воды, а также иметь брезентовый пол.

З а п р е щ а е т с я использовать для питья сырую воду, садиться и ложиться на сырую землю.

Место для костра нужно выбирать с подветренной стороны, не ближе 10 м от палаток и 100 м от складов горюче-смазочных материалов, взрывчатых и других воспламеняющихся веществ.

Категорически **з а п р е щ а е т с я** хранить бензин, керосин и другие легковоспламеняющиеся вещества, а также кислоты в жилых палатках.

**З а п р е щ а е т с я** оставлять при уходе и во время сна в палатках зажженные фонари, свечи, лампы и керосин.

Категорически **з а п р е щ а е т с я** курение в палатках, а также на территории лагеря или вблизи базы практики.

При ликвидации лагеря костер должен быть тщательно потушен и приняты меры, предотвращающие возобновление огня (залить водой, засыпать землей, песком).

Кухонные отбросы и мусор должны выноситься в специально выкопанную яму с подветренной стороны лагеря не ближе 50 м от него и вдали от источника водоснабжения.

После снятия лагеря все ямы тщательно засыпаются и закладываются сохраненным дерном.

III. При выходе на маршрут нужно соблюдать следующие правила:

- ⇒ маршрут, как правило, должен назначаться не позже, чем за день до выхода; группа должна заканчивать маршрут, строго руководствуясь контрольным сроком;
- ⇒ в каждом маршруте должен быть старший с достаточным опытом работы; он несет полную ответственность за проведение маршрута и состояние всех его участников;
- ⇒ выход в маршрут в одиночку **к а т е г о р и ч е с к и з а п р е щ е н**;
- ⇒ возвращаться на лагерную стоянку надлежит до наступления темноты;
- ⇒ во время передвижения по маршруту купаться нельзя!

IV. При работе на воде необходимо знать следующее:

- ⇒ иметь сведения о всех водоемах в районе работ;
- ⇒ если в лодке появилась сильная течь, то, установив место течи, надо накрентить лодку (пересадкой людей) к другому борту, чтобы поднять место течи выше ватерлинии;
- ⇒ категорически **з а п р е щ а е т с я** перегружать транспорт;
- ⇒ для устойчивости лодки самые тяжелые грузы помещают на дне в средней части лодки;
- ⇒ все спасательные принадлежности должны храниться на видном месте и быть легкодоступными для оказания помощи;
- ⇒ заметив тонущего, нужно немедленно бросить ему ближайшие спасательные средства так, чтобы они упали возле, но не ударили его;
- ⇒ **з а п р е щ а е т с я** выезд на гребной лодке при скорости течения выше 2.5 м/с при сильном дожде;
- ⇒ при производстве работ надо остерегаться отвесных берегов, особенно подверженных обрушениям;
- ⇒ переход водного объекта вброд (вплыв) разрешается после ознакомления с его особенностями (глубиной, скоростью течения, состоянием дна и берега и т.д.) путем специального осмотра и опроса местных жителей; все переправляющиеся должны иметь спасательные принадлежности;



⇒ все принимающие участие в полевых работах на воде должны уметь плавать и грести, знать основные правила плавания по рекам и озерам, уметь оказать немедленную квалифицированную помощь при несчастных случаях.

## **Темы теоретических курсовых работ**

1. Место и роль водорослей в биотическом круговороте веществ
2. Почвенные водоросли: видовой состав, распространение, роль в формировании почвенного плодородия
3. «Цветение» воды: возбудители, роль в формировании качества воды
4. Водоросли как индикаторы санитарного состояния водоемов
5. Водоросли как пищевые продукты и источники энергии
6. Аквакультура морских водорослей
7. Массовые культуры одноклеточных водорослей, их практическое использование
8. Низшие растения и биотехнология
9. Промышленное культивирование съедобных грибов
10. Грибы и медицина
11. Грибы – друзья и враги леса
12. Грибные болезни основных сельскохозяйственных культур, профилактика и меры борьбы с фитопатогенными грибами
13. Место и роль грибов в биотическом круговороте веществ
14. Роль микоризы в жизни грибов и высших растений
15. Место и роль лишайников в природе и хозяйственной деятельности человека
16. Лихеноиндикация, значение и практическое использование в системе экологического мониторинга

**Министерство образования и науки Украины  
Харьковский национальный университет  
имени В.Н. Каразина**

**Биологический факультет  
кафедра ботаники**

# **Название работы**

**Курсовая работа  
по нормативному курсу  
«Ботаника: низшие растения»  
студента(-ки) \_\_ курса  
Фамилия И.О.**

**Научный руководитель:  
уч. степень, звание  
Фамилия И.О.**

**Харьков 2007**

## Приложение 5. Пример оглавления теоретической курсовой работы

### Введение

1. Краткая история культивирования съедобных грибов
  - 1.1. В зарубежных странах
  - 1.2. В Украине и странах СНГ
2. Систематика, морфология, экология и биология культивируемых видов
  - 2.1. Шампиньон двуспоровый
  - 2.2. Вешенка обыкновенная
  - 2.3. Шиитаке
  - 2.4. Другие виды
3. Условия и методы культивирования
  - 3.1. Производство посевного мицелия
  - 3.2. Хранение посевного мицелия
  - 3.3. Аппаратура и оборудование лаборатории
  - 3.4. Методы культивирования
    - 3.4.1. Экстенсивный
    - 3.4.2. Интенсивный
4. Использование, хранение и переработка грибов
5. Список использованной литературы

## Приложение 6. Схемы библиографического описания

Библиографическое описание состоит из элементов, объединенных в области, и заголовка. Элементы в области располагаются в строго определенной последовательности, установленной стандартами оформления научных работ.

Для разграничения областей и элементов в библиографическом описании приняты следующие обязательные условные разделительные знаки: точка и тире, точка, запятая, двоеточие, точка с запятой, косая черта (/), две косые черты (//), круглые скобки, квадратные скобки, плюс (+), знак равенства (=). Эти знаки не несут грамматической нагрузки, а служат только для формализации описания.

### Схема описания книги

Книга 1-3 авторов (описание над заголовком)

Фамилия И.О. автора(ов). Заглавие книги.- Номер издания (начиная со 2-го).- Город издания: Издательство, год издания.- Общее количество страниц в книге.

Бриттон Г. Биохимия природных пигментов.- М.: Мир, 1986.- 422 с.

Книга 4-х и более авторов (описание под заголовком)

Заглавие книги/И.О.Фамилии авторов (не менее 3-х).- Номер издания.- Город издания: Издательство, год издания.- Общее количество страниц в книге.

Приводятся фамилии всех авторов, если их не больше 4-х; если же больше, то после перечисления фамилий первых трех авторов, указывают "та інш."; рус. – "и др."; англ, франц., нем. – "et al."

Основы биохимии: В 3-х томах / Уайт А., Хендлер Ф., Смит Э. и др.- Т. 2.- М.: Мир, 1981.- 617 с.

### **Схема описания журнальной статьи**

Фамилия И.О. автора(ов) статьи. Заглавие статьи // Заглавие журнала.- Год издания.- Том, выпуск, номер.- Страницы, на которых напечатана статья.

Божков А.И., Мензянова Н.Г. Динамика роста, липидный состав и содержание  $\beta$ -каротина в клетках *Dunaliella viridis* Teod. при культивировании в разных типах фотобиореакторов // Альгология.- 1997.- Т. 7, №1.- С. 78-86.

### **Схема описания статьи из периодических и продолжающихся изданий**

Фамилия И.О. автора(ов) статьи. Заглавие статьи // Заглавие издания.- Место издания, год издания.- Том.- Страницы, на которых опубликована статья.

В описаниях тезисов докладов и других материалов конгрессов, съездов, конференций, совещаний, симпозиумов и т.п. разрешается сокращать заглавие этих изданий, если оно не является характерным (тематическим).

Стрелко Д.В. Хионы водоросли *Dunaliella salina* Teod. // Мат. I конф. по спор. раст. Украины (сентябрь 1969 г.).- Киев, 1971.- С. 110-111.

#### **Схема описания патента**

Заголовок описания. Основное заглавие: сведения, относящиеся к заглавию/ Сведения об авторах изобретения.- Регистрационный номер заявки. Дата подачи заявки; Дата публикации; Место публикации.

Способ получения антивирусных препаратов из дрожжей: А. с. 687120 СССР, МКИ<sup>3</sup> С 12 К 5/00.

#### **Схема описания диссертаций и авторефератов диссертаций**

Фамилия И.О. автора(ов). Заглавие диссертации: Дис... канд. (д-ра) биол. наук.- Место, дата написания.- Общее количество страниц.

Фамилия И.О. автора(ов). Заглавие диссертации: Автореф. дис... канд. (д-ра) биол. наук.- Место, дата написания.- Общее количество страниц.

Царенко П.М. Хлорококові водорості (Chlorococcales, Chlorophyta) водойм України (флора, морфологія, екологія, географія, основні напрямки еволюції та принципи систематики): Автореф. дис. ... д-ра біол. наук.- Київ, 1996. - 47 с.

#### **Схема описания отчета о НИР**

Заглавие отчета: Отчет о НИР (промежуточ. или заключ.)./ Наименование организации, ответственной за НИР; Фамилия И.О. руководителя.- Шифр этапа НИР; Номер государственной регистрации; Инвентарный номер.- Место, Дата выпуска отчета.- Объем.- Примечание [фамилии исполнителей, название организаций-соисполнителей и др.].

Дослідження механізмів стійкості рослин до підвищеної температури, важких металів, посухи та ураження збудниками захворювань: Звіт про НДР (проміжний).- ХНУ; Шамрай С.Н.- № етапу 151600; № ДР 0198U005803; Інв. №154326.- ХНУ, 28 грудня 1999.- 57 с.- Виконавці: Петренко В.В., Грида Т.В., Ваніфатова Т.Ю. та ін.

При использовании рефератов из реферативного журнала после полного библиографического описания добавляется ссылка:

Padisak J. A comparison between the phytoplankton of some brown water lakes enclosed with reedbeil in the Hungarian part of Lake Ferto.- Ber Stat. Neusiedlersee. Biol. Forschungsinst. Burgenland, 1983, N 47, 133-155 (цит. по РЖ "Биология".- 1988.- "Ботаника".- № 6, реф. № 6В159).

Депонированные статьи цитируются по общим правилам с обязательной припиской в конце (после точки и тире, в скобках).- (Деп. в ВИНТИ, год, № ... деп.).

### **Библиографическое описание электронных публикаций**

(Баландин, Калениченко, 2001)

Публикации в Интернете

Схема описания самостоятельной публикации<sup>1</sup>

**Основное заглавие [Общее обозначение материала]:** Сведения, относящиеся к заглавию = Параллельное заглавие / Сведения об ответственности. — **Обозначение ресурса.**

<sup>2</sup>— **Дата** <sup>3</sup> — **Режим доступа:**

#### 1-3 автора (условная схема)

**Фамилия(и) И.О. автора(ов). Основное заглавие [Электрон. ресурс]:** Уточняющее заглавие. — **Дата.** — **Режим доступа:**

Примеры:

№1. Severova E., Polevova S., Bovina I. Palynology of the genus *Centaurea* L. [Electronic resource]. — 1997. — Mode of access: <http://www.florin.ru/florin/db/centaur.htm>

№2. Award list for systematics [Electronic resource] / Anonymous; [National Science Foundation]. — Washington, D.C., 1997. — Mode of access: <http://www.nsf.gov>

#### 4 и более авторов, коллективный автор (условная схема)

**Основное заглавие [Электрон. ресурс]:** Уточняющее заглавие / **И.О.Фамилии авторов;** (и,или) Учреждение; (и, или) Редактор. — **Дата.** — **Режим доступа:**

Примеры:

№3. The Flora of China [Electronic resource] / Ed. A.R.Brach. — 1996. — Mode of access: <http://www.flora.harvard.edu/china>

№4. Proceeding of a mini symposium on biological nomenclature in the 21<sup>st</sup> century [Electronic resource] / Ed. J.L.Reveal. — College Park M.D., 1996. — Mode of access: <http://www.inform.umd.edu/PBIO/nomcl/brum.html>

---

<sup>1</sup> Здесь и далее в схемах обязательные элементы выделены полужирным шрифтом.

<sup>2</sup> Хотя область вида ресурса, т.е. обозначение ресурса (электронные данные, электронные программы и т.п.) является обязательной, в наших схемах мы сочли возможным её не включать.

<sup>3</sup> Приводят и место издания (перед датой), если оно указано.

Описание публикации из электронного журнала или сборника (аналитическое описание)

1-3 автора <sup>4</sup> (условная схема)

**Фамилия(и) И.О. автора(ов). Заглавие публикации // Название журнала или сборника [Электрон. ресурс] / Редактор. — Год. <sup>5</sup> — Том (выпуск, номер). <sup>6</sup> — Режим доступа:**

Примеры:

№5. *Brumitt R.K.* Quite happy with the present Code, thank you //Proceedings of a mini-symposium on biological nomenclature in 21<sup>st</sup> century [Electronic resource] / Ed. *J.L.Reveal*. — College Park MD, 1996. — Mode of access: <http://www.inform.umd.edu/PBIO/nomcl/brum.html>

№6. *Kramina T.E., Sokoloff D.D.* Database on the taxonomy and morphology of the genus *Lotus* L. s.l. (*Leguminosae—Papilionoideae—Loteae*) // Lotus Newsletter [Electronic resource]. — 1997. — Vol. 28. — Mode of access: <http://www.psu.missouri.edu/lnl/v.28>

№7. *Ульянова Т.Ю., Баландин С.А.* Структура фитомассы и химический состав деревьев и кустарников сообществ южных склонов пояса орехово-плодовых лесов Западного Тянь-Шаня // Herba: Moscow Electronic Botanical Journal [Электрон. ресурс]. — 1998. — Режим доступа: <http://herba.msu.ru/publications/5/index.html>

№8. *Шипунов А.Б.* Система цветковых растений (предисловие, конспект, схема) // Herba: Moscow Electronic Botanical Journal [Электрон. ресурс]. — 1998. — Режим доступа: <http://herba.msu.ru/publications/2/index.html>

4 и более авторов (условная схема)

**Заглавие публикации / И.О. Фамилии авторов // Название журнала или сборника [Электрон. ресурс] / Редактор. — Год. <sup>6</sup> — Том (выпуск, номер). <sup>7</sup> — Режим доступа:**

Пример:

№9. Коллекции Гербария Московского университета (MW) [Сообщение 5]: двудольные растения [часть 3] (семейства *Geraniaceae—Curtisiaceae*) / *И.А.Губанов, С.А.Баландин, Д.А.Петелин, В.Н.Павлов, Т.В.Багдасарова, Т.П.Баландина, Н.К.Шведчикова* // Herba: Moscow Electronic Botanical Journal [Электрон. ресурс]. — 1998. — Режим доступа: <http://herba.msu.ru/publications/4/index.html>

Публикации на физическом носителе (CD-ROM, дискеты и др.)

Схема описания

**Основное заглавие [Общее обозначение материала]:** Сведения, относящиеся к заглавию = Параллельное заглавие / Сведения об ответственности. — **Сведения об издании.** <sup>8</sup> — **Место издания (изготовления):** Имя издателя (изготовителя), Дата. — **Специфическое обозначение материала** и объём. — **Системные требования:**

<sup>4</sup> Допускается под заголовком (фамилией) включать и более 3-х авторов.

<sup>5</sup> Приводят и место издания (перед годом), если оно указано.

<sup>6</sup> Если указаны.

<sup>8</sup> Начиная со 2-го.



1-3 автора (условная схема)

**Фамилия(и) И.О. автора(ов). Основное заглавие [Электрон. ресурс]:** Уточняющее заглавие. — **Издание (версия).** — **Город (страна):** Издатель, Дата. — **Специфика материала и объём.** — **Систем. требования:**

Пример:

№10. *Lauber K., Wagner G. Flora Helvetica auf CD-ROM* [Electronic resource]. — Bern etc.: P.Haupt, 1997. — CD-ROM. — System requirements: IBM PCs 386 DX or better; CD-ROM drive; Windows 95; 8 MB RAM; col. SVGA monitor.

4 и более авторов, коллективный автор (условная схема)

**Основное заглавие [Электрон. ресурс]:** Уточняющее заглавие / **И.О.Фамилии авторов; (и, или) Учреждение; (и, или) Редактор.** — **Издание (версия).** — **Город (страна):** Издатель, Дата. — **Специфика материала и объём.** — **Систем. требования:**

Примеры:

№11. Бобовые Северной Евразии [Электрон. ресурс]: Информационная система на компакт-диске/*Ю.Р.Росков, Г.П.Яковлев, А.К.Сытин, С.А.Жезняковский.* — СПб., 1998. — 1 компакт-диск. — Систем. требования: IBM PC-совместим. компьютер i386 и выше; дисковод CD-ROM; 6 MB свобод. места на HDD; DOS 6.xx; расшир. операт. память не менее 1 MB; цвет. SVGA монитор.

№12. *Index Kewensis on CD-ROM* [Electronic resource]. — Version 2.0 for Windows. — Oxford, UK: Univ. Press, Feb. 1997. — CD-ROM. — System requirements: IBM PCs 486/33 or better; 2X CD-ROM drive; 2 MB free hard-disk space; Windows 3.1/95; 8/16 MB RAM; color monitor.

№13. РБО [Электрон. ресурс] Справочник / Ботан. ин-т им. В.Л.Комарова РАН. — СПб., 1998. — 1 дискета 3,5"/1,44 MB. — Систем. требования: IBM PC-совместим. компьютер; дисковод 3,5'; Windows 95; цвет. SVGA монитор.

Приложение 7. Бланк описания водоема и условий отбора проб

Дата "\_\_\_\_" "\_\_\_\_" 20 \_\_\_\_ г. Коллектор \_\_\_\_\_

Водоем (тип, название) \_\_\_\_\_

Расположение (область, район, ближайший населенный пункт) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

<u>Метеоусловия</u>	
температура воздуха _____	воды _____
скорость и направление ветра: _____	
солнечное сияние: ☉ <sup>0</sup> ☉ <sup>1</sup> ☉ <sup>2</sup> облачность (в баллах) _____	

Фиксация: _____ (раствор)
---------------------------

Привязка точки отбора \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Характер берега: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Характер грунта: \_\_\_\_\_

Растительность: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Навчальне видання

**Горбулін Олег Станіславович**

**Ботаніка: нижчі рослини**

Макет – О.С. Горбулін

61077, Харків, площа Свободи, 4, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,  
організаційно-видавничий відділ НМЦ

Підписано до друку 22.01.2007. Формат 60×84 1/16

Обл.-вид. арк. 5,06. Умов.-друк. арк. 5,63.

Тираж 100 прим. Папір офсетний. Друк різнографічний. Ціна договірна